

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

Statistická regulace procesu v praxi

Statistical Process Control in Practice

Student:

Bc. Ivan Jadrný

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Ivan Jadrný**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **6208T116 Průmyslové inženýrství**
Téma: **Statistická regulace procesu v praxi**
Statistical Process Control in Practice
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika řešené problematiky. Základní pojmy, použité metody.
2. Analýza současného stavu s ohledem na řešenou problematiku.
3. Vyhodnocení analýzy, identifikace problémů, specifikace požadavků s ohledem na řešenou problematiku.
4. Vlastní návrhy a jejich komplexní posouzení.
5. Celkové zhodnocení přínosu práce.

Seznam doporučené odborné literatury:


ČSN ISO 690 (01 0197). *Informace a dokumentace: Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: ÚNMZ, 2011. 40 s.
TÖPFER, A. A KOL. *Six sigma: Koncepce a příklady pro řízení bez chyb*. 1. vyd. Praha: Computer Press a.s., 2008. 508 s. ISBN 978-80-251-1766-8
HUTYRA, M. a kol. *Management jakosti* [online]. 1. vyd. Ostrava: VŠB - TUO, © 2007, [vid. 2014-10-04]. Dostupný z [www: <URL: http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FMMI/MJ/>](http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FMMI/MJ/).
REMBAUD, L. *8D Strukturovaný přístup k řešení problémů: průvodce tvorbou kvalitních 8D reportů*. Překlad Jan Kratzner. 1. české vydání. Praha: Česká společnost pro jakost, 2011. 138 s. ISBN 978-80-02-02347-0.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018


Ing. Lucie Krejčí, Ph.D.
vedoucí katedry





doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřesečné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

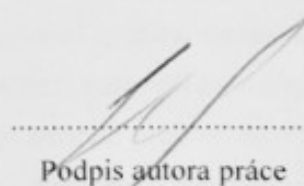
V Ostravě dne 21.5.2018


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména §35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a §60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou diplomovou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této diplomové práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že – podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato diplomová práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21.5.2018



Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Ivan Jadrný

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Havlovice 304, 542 32

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

JADRNÝ, I. *Statistická regulace procesu v praxi : diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2018, 65s. Vedoucí práce: Šajdlerová, I.

Diplomová práce se věnuje problematice užití metodiky statistické regulace procesu ve vybrané společnosti, která se zabývá výrobou palivových čerpadel a senzorů do automobilů. Metodika statistické regulace procesu je základním nástrojem pro řízení výrobního procesu v automobilovém průmyslu. Teoretická část se zabývá obecnými charakteristikami kvality, technik a metod k řízení výrobního procesu. V praktické části potom využití metody a techniky statistické regulace procesu v této společnosti na vybraném projektu pomocí Six Sigma. Následuje vyhodnocení výsledků z analýz ve společnosti. Návrhy na možná zlepšení vedoucí k redukci zmetkovitosti pomocí Six Sigma metodiky a celkové zhodnocení těchto návrhů. V závěru potom celkové vyhodnocení přínosu práce.

ANOTATION OF MASTER THESIS

JADRNÝ, I. *Statistical process regulation in Practice : Master Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical university of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2018, 66p. Thesis head: Šajdlerová, I.

Master's thesis deals with using of Statistical process regulation in practice at chosen company, which is interest on car pumps production and sensors. Statistical process regulation is the essentials tool for the managing of manufacturing processes in automotive industry. The Theoretical part is focused on general characteristics of quality, technology and methods for manufacturing process management. In the practical part will be using of Statistical process regulation and technology at this company at defined project, thru Six Sigma. Evaluating of analysis results from the company. Proposals for possible improvements from Six Sigma using and whole evaluation add value of thesis.

Obsah

| | |
|--|----|
| Seznam použitých zkratk | 8 |
| Seznam použitých symbolů a značek | 8 |
| Úvod | 10 |
| 1 Kvalita obecně, základní pojmy a použité metody | 11 |
| 1.1 Statistická kontrola procesu | 13 |
| 1.1.1 Nástroje statistické regulace procesu | 13 |
| 1.1.2 Variability procesu | 19 |
| 1.1.3 Etapy statistické regulace procesu | 21 |
| 1.2 Způsobilost procesu | 21 |
| 1.2.1 Indexy způsobilosti procesu | 23 |
| 1.3 Kritéria hodnocení způsobilosti procesu | 25 |
| 1.4 Způsobilost stroje | 25 |
| 1.5 Způsobilost měření | 26 |
| 1.6 Six Sigma | 27 |
| 1.6.1 Historie Six Sigma | 27 |
| 1.6.2 Koncept Six Sigma | 28 |
| 1.6.3 Principy Six Sigma | 28 |
| 1.6.4 DMAIC | 29 |
| 2 Obecný popis analyzované společnosti XY | 32 |
| 2.1 Obecný popis analyzované společnosti | 32 |
| 2.2 Oddělení kvality vybrané společnosti | 34 |
| 2.3 Informační systém společnosti XY, práce s daty a dokumenty | 36 |
| 2.4 Výkonnostní a stavové ukazatele projektu Ab1 | 38 |
| 3 Vyhodnocení analýz a identifikace problémů | 40 |
| 3.1 Define fáze (fáze definování) | 40 |
| 3.2 Measure fáze (fáze měření) | 42 |

| | |
|---|----|
| 3.3 Fáze analýzy (fáze analýzy) | 45 |
| 3.3.1 Ověřování potencionálních příčin z Ishikawova diagramu..... | 45 |
| 3.3.2 Řešení problému ze strany dodavatele..... | 53 |
| 4 Vlastní návrhy a jejich komplexní posouzení..... | 56 |
| 4.1 Improve fáze (fáze zlepšení)..... | 56 |
| 4.2 Control fáze (fáze řízení) | 57 |
| 5 Závěr | 60 |
| Poděkování..... | 61 |
| 6 Seznam použité literatury | 62 |
| 7 Seznam obrázků..... | 64 |
| 8 Seznam tabulek..... | 65 |

Seznam použitých zkratk

| | | |
|-------|---|--|
| APQP | Advanced Product Quality Planning | Moderní plánování jakosti výrobku |
| BW | Business Warehouse system | Business warehouse systém |
| CMM | Computer measurement method | 3D měřidlo |
| FMEA | Failure Mode and Effects Analysis | Analýza možného výskytu a vlivu vad |
| GR&R | Gage repeatability and reproducibility | Analýza reprodukovatelnosti |
| KPI | Key performance indicators | Klíčové výkonnostní ukazatele |
| MQE | Manufacturing Quality Engineer | Inženýr výrobní kvality |
| MQMPP | Manufacturing Quality Manager for Product in Production | Inženýr zákaznické kvality |
| MSA | Measurement system analysis | Analýza systému měření |
| PPAP | Production Part Approval Process | Proces schvalování dílů k sériové výrobě |
| R&D | Research and development | Design inženýr |
| SLM | Second line manager | Second line management |
| SPC | Statistical proces control | Statistická kontrola procesu |
| SQM | Supplier Quality Management | Inženýr dodavatelské kvality |
| TQM | Total Quality Management | Komplexní řízení kvality |

Seznam použitých symbolů a značek

| | | |
|--------|---------------------------------|---------------------------------------|
| C | Capability indicator | Ukazatel způsobilosti |
| Cg/Cgk | | Značka způsobilosti měření |
| Cm/Cmk | | Značka způsobilosti stroje |
| Cp/Cpk | | Značka způsobilosti procesu |
| FPY | First parts yeld | First parts yeald překlad |
| LTL | Lower tolerance limit | Spodní toleranční mez |
| n | | Počet prvků souboru |
| OEE | Overall equipment effectiveness | Efektivita využití strojních zařízení |
| Pp/Ppk | | Značka způsobilosti procesu |

| | | |
|----------------|-----------------------|---|
| ppm | parts per million | Jedna miliontina celku |
| s | | Výběrová směrodatná odchylka |
| s ² | | Rozptyl |
| s _g | | Standardní odchylka měření etalonu měřicím systémem |
| T | Tolerance | Šíře tolerančního pole |
| UTL | Upper tolerance limit | Horní toleranční mez |
| V | | Relativní četnost neshodných výrobků |
| x _g | | Průměrná hodnota měření etalonu měřicím systémem |
| x _i | | Střední hodnota veličiny |
| x _r | | Jednotlivé hodnoty měření |
| μ | | Střední hodnota |
| σ | | Směrodatná odchylka |

Úvod

V dnešní velice dynamické době, zrychlujícího se jak globálního ekonomického růstu, tak na úrovni jednotlivých států Evropské unie, má za následek, že se automobilový průmysl stává stále více rychleji měnícím prostředím. Všechny tyto aspekty se silně prolínají do celého dodavatelského řetězce. Toto prostředí se vyvíjí každým dnem a pokud chce výrobce na trhu vydržet co nejdéle, musí na tyto změny také efektivně reagovat. Technologie, normy, konstrukce, požadavky na certifikace jsou stále přísnější. Společnosti v dodavatelském řetězci automobilového průmyslu jsou díky tomu stále pod větším tlakem. Reagují takřka denně na nové požadavky zákazníků, státních úřadů a dalších institucí.

Jedním z důležitých nástrojů toho, aby na tomto trhu vydrželi a byli úspěšní, je statistická regulace procesu, která zajišťuje, že výrobní závody jsou schopny vyrábět dle požadavků zákazníka efektivně, s co nejnižšími náklady a ztrátami spojenými s nekvalitou produktu.

Práce je zaměřena na využití statistické regulace procesu v praxi v dodavatelském řetězci vybrané společnosti. Bude analyzován jeden projekt společnosti, který bude zlepšován pomocí statistické regulace procesu s využitím metodiky Six Sigma. Analyzovaná společnost působí v České republice v automobilovém průmyslu a pracuje zde více než 1500 zaměstnanců.

Cílem práce je zhodnotit současný stav vybraného projektu z pohledu kvality pomocí nástrojů kvality a navrhnout zlepšení, která povedou k zajištění lepšího výstupu z výrobního procesu za pomoci SPC a Six Sigma, a tím i zajištění pozitivního vlivu také na zákazníka.

1 Kvalita obecně, základní pojmy a použité metody

Pojem kvalita a další základní pojmy jsou nejlépe vyjádřeny v definici normy ČSN EN ISO 9000:2006¹⁸. Tato definice je položena takto: kvalita (jakost) je stupeň splnění požadavků souborem inherentních charakteristik. Podle ČSN EN ISO 9000:2006¹⁸ normy „*Lze specifikovat požadavek jako potřebu nebo očekávání, které jsou definovány, obecně se předpokládají nebo jsou závazné*“.

Kvalita obecně dle *Blecharze*¹ není zajišťování kvality pouze otázkou výroby nebo dokonce výstupní kontroly. Kvalita musí být zajišťována ve všech fázích reprodukčního procesu (tj. v předvýrobních etapách, ve výrobě, ale také při užívání i likvidaci výrobků). V každé z těchto fází je vyvinuto velké množství vzájemně závislých aktivit, mezi kterými jsou četné zpětné vazby a interakce. Proto je při řízení jakosti nutno používat systémový přístup.

*Hutyr*⁷ tvrdí, že význam jakosti vzrostl ve světovém měřítku tak dramaticky, že se někdy hovoří o „revoluci jakosti“ a kvalita (jakost) se stává životním stylem. Je nutné analyzovat současný význam efektivního a účinného managementu jakosti, který určuje *Nenadál*¹¹.

- a) *Jakost je rozhodujícím faktorem stabilní ekonomické výkonnosti podniků.* Systémy managementu jakosti se totiž projevují pozitivními vlivy jak uvnitř podniku, tak i v jeho okolí. Interní vlivy systému se obvykle generují rychleji než vlivy externí: klesá podíl neshod na celkových výkonech, stoupá výtěžnost materiálních vstupů i účinnost vnitropodnikových procesů, protože se zvyšuje rozsah správně provedené práce napoprvé.
- b) *Management jakosti je nejdůležitějším ochranným faktorem před ztrátami trhů.* Ukázalo se, že okolo 66 % všech příčin ztrát trhů padá na vrub nedostatečné jakosti výrobků a služeb, ale i nedostatky v předvýrobních etapách.
- c) *Jakost je velmi významným zdrojem úspor materiálů a energií.*
- d) *Jakost ovlivňuje i makroekonomické ukazatele.* Sledují se dopady zvyšování jakosti produktů na makroekonomické ukazatele, společně s tvorbou domácího produktu,

devizové bilance apod. Skutečné bohatství je v průmyslových organizacích, jak i ve sféře služeb, veřejném sektoru, školství atd.¹¹.

Tabulka 1.1 - Přínos zavedení systému managementu jakosti pro zainteresované strany¹¹

| Zainteresovaná strana | Očekávané přínosy |
|---------------------------------------|--|
| Zákazníci | <ul style="list-style-type: none"> a) zlepšení včasnosti dodávek, b) zvýšená důvěra v dodavatele, c) snížení nákladů na životní cyklus, d) snížení objemu stížností a reklamací. |
| Vlastníci/vrcholové vedení organizace | <ul style="list-style-type: none"> a) vyšší spokojenost s dosahovanou výkonností organizace, b) lepší perspektivy na trzích, c) jasné vymezení pravomocí a odpovědností, d) vyšší transparentnost systému managementu apod. |
| Zaměstnanci | <ul style="list-style-type: none"> a) zlepšení pracovního prostředí, b) jasné vymezení odpovědnosti a pravomoci, c) vyšší sociální jistoty a rozsáhlejší sociální programy, d) zlepšená úroveň interní komunikace, e) zlepšení v procesech lidských zdrojů. |
| Dodavatelé | <ul style="list-style-type: none"> a) zlepšení komunikace o požadavcích odběratelů, b) dlouhodobé partnerské vztahy s odběrateli, c) sdílení nejlepší praxe v oblasti managementu jakosti. |
| Společnost | <ul style="list-style-type: none"> a) zlepšení výkonnosti organizací (tj. vyšší objem odvedených daní), b) snižování nezaměstnanosti, c) respektování legislativních požadavků, d) snazší orientace při výběrových řízeních. |

Celkově je kvalita také určena dle šesti klíčových konceptů, které by měly být brány v potaz v každé společnosti a dle potřeb společnosti upraveny. Tento koncept zahrnuje:

1. Zákazník.
2. Preventivní management.
3. Sledování procesu výroby.
4. Nikdy nekončící zlepšování.
5. Neustálé preventivní akce.
6. Vedení a týmová práce⁶.

1.1 Statistická kontrola procesu

Statistická regulace procesu (dále SPC) je důležitá k řízení výrobního procesu pomocí měřených a analyzovaných dat tak, aby společnost byla schopna dodržet požadované parametry výrobku ve specifikovaných limitech. Čím lepší SPC, tím jsou požadavky plněny lépe s menšími variacemi od smlouveného středu tolerančního pole. SPC zaznamenává v dnešní velice dynamické době automobilového průmyslu obrovský rozmach. Je třeba brát na kvalitu produktu silný zřetel a to především v případě silného konkurenčního prostředí, kdy se stále častěji na trh tlačí nízkonákladové produkty z Asie. Rozvoj SPC má silný význam v aktuálním dění v průmyslu, ale je jen málo firem, které umí s SPC pracovat na vysoké úrovni i přesto, že to zákazníci požadují.

Proces výroby nemůže být nikdy úplně dokonalý. Každý proces je ovlivňován mnoha faktory (materiály, stroje, metody, lidé, prostředí), které mají za následek to, že proces není konstantní, ale je proměnlivý, náhodný. Z tohoto důvodu je náhodný i výstup z procesu. Nejlepším prostředkem pro řízení a zlepšování procesů se proto jeví aplikovaná statistika¹¹.

1.1.1 Nástroje statistické regulace procesu

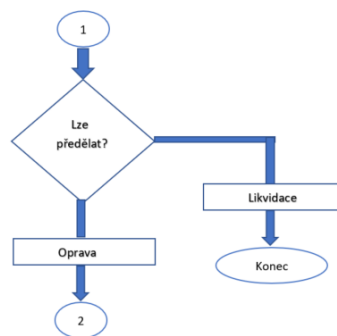
Statistický přístup k řízení procesů se označuje zkratkou SPC, což znamená Statistical Process Control – statistická regulace procesu. SPC zahrnuje sedm jednoduchých statistických nástrojů:

- Vývojové diagramy,
- diagram příčin a následků (Ishikawův diagram),
- regulační diagramy,
- Paretovu analýzu,

- korelační analýzy,
- sběr dat,
- histogramy¹¹.

Vývojový diagram

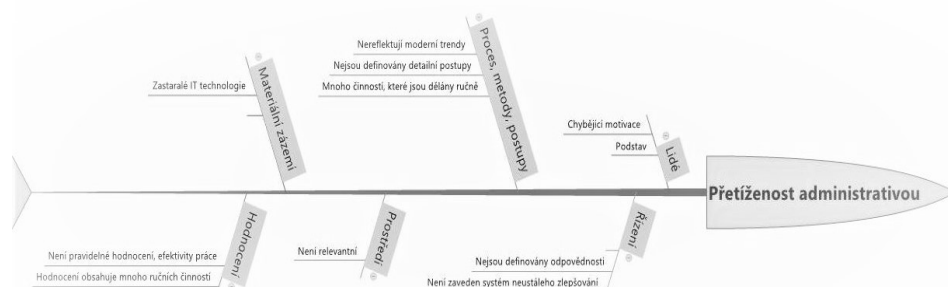
Pro analýzu procesu jsou vhodné vývojové diagramy, které účelně popisují sled činností směřující k vytvoření výstupu. Posloupnost činností procesu je charakterizována tokem, při kterém je zajištěna opakovatelnost vstupů. Přehlednost vývojového diagramu je dána grafickým vyjádřením pořadí jednotlivých činností. Pro snadnější tvorbu a orientaci diagramů musí být definované symboly znázorňující daný krok procesu².



Obrázek 1.1 – Vývojový diagram

Ishikawův diagram

Je diagram příčin a následků nebo diagram rybí kosti. Při sestavení diagramu tvoří problém pomyslnou hlavu rybí kosti. Oblasti od páteře tvoří oblasti, ve kterých se může problém nacházet. Vedlejší kosti znamenají potenciální příčiny, které se mohou opět větvit na menší kosti, doporučuje se však užívat maximálně dvě úrovně.

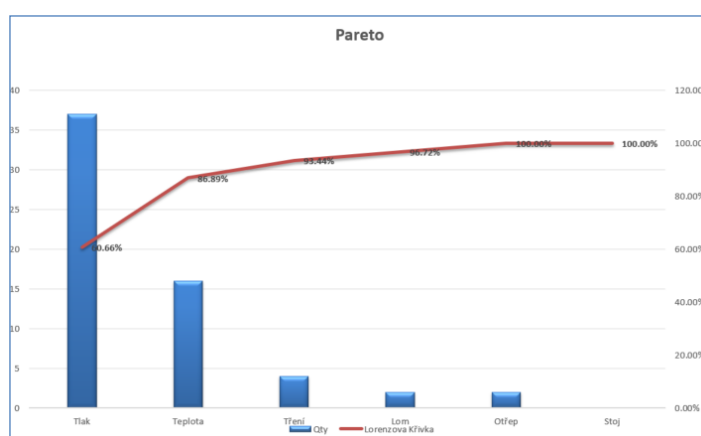


Obrázek 1.2 – Ishikawa diagram

Paretova analýza

Jedná se o speciální statistickou analýzu formulovanou na základě poznatku, že 80% následků je způsobeno pouhými 20% příčin. Tento poznatek objasnil Vilfred Pareto v roce 1887. V případě Six Sigma představuje tento diagram grafické znázornění problémů a přiřazení jejich priorit dle frekvence výskytu. Na ose x jsou jednotlivé typy výskytu seřazeny dle četnosti a na ose y pak jejich frekvence.

Paretova analýza je zobrazena na obrázku 1.3. Je třeba hodnoty seřadit od největší po nejmenší a poté kumulativně sečíst, tím dostáváme stoupající Lorenzovu křivku, která ukazuje procentuální zastoupení. Začíná od nuly a končí na 100% z celku¹⁰.



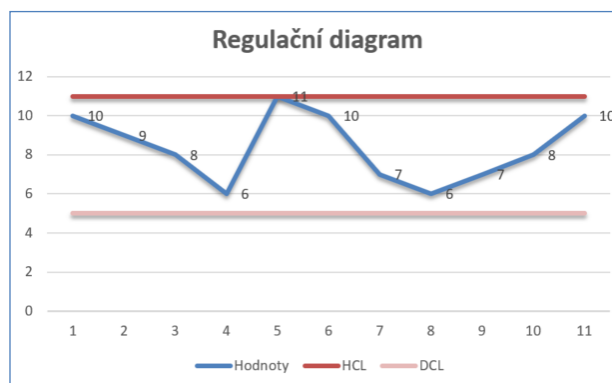
Obrázek 1.3 – Paretova analýza

Regulační diagramy

Regulační digram (dále jen v textu jako RD) je grafický prostředek, do kterého jsou zapisovány hodnoty za účelem statistického vyhodnocení, využívající principu statistických testů významnosti. Metoda byla poprvé použita Dr.Walterem Shewhartem v roce 1924¹⁹.

Tvoří je hlavní tři přímky:

1. **CL** – Centrální přímka - umístěna v referenční hodnotě sledovaného znaku kvality \bar{x} , obvykle střední hodnota procesu.
2. **LCL** – Dolní regulační mez - umístěna ve vzdálenosti $+3$ sigma od střední hodnoty procesu (CL).
3. **UTL** – Horní regulační mez - umístěna ve vzdálenosti -3 sigma od střední hodnoty procesu (CL).



Obrázek 1.4 – Regulační diagram

- Do grafu se zapisují jednotlivé body.
- Body představují hodnoty získané z jedné podskupiny.
- Podskupinu představuje pevně stanovený počet vzorků $n = 2, 3$ apod.
- Na základě měření nebo porovnáním počtu jednotlivých vad se vytvoří jednotlivé body v RD.
- Mezery mezi těmito čísly představují časové intervaly nebo jednotlivé dávky.

Regulační diagramy se dají rozdělit do základních skupin, kdy existují v podstatě dva základní a to:

1. Atributivní (srovnávací) znaky.
2. Variabilní (měřitelné) znaky.

Dále pro každý z těchto základních regulačních diagramů existují základní situace:

1. Základní hodnoty jsou stanoveny.
2. Základní hodnoty nejsou stanoveny.

Pro lepší přehlednost jednotlivých typů regulačních diagramů byla vytvořena tabulka č. 1.2.

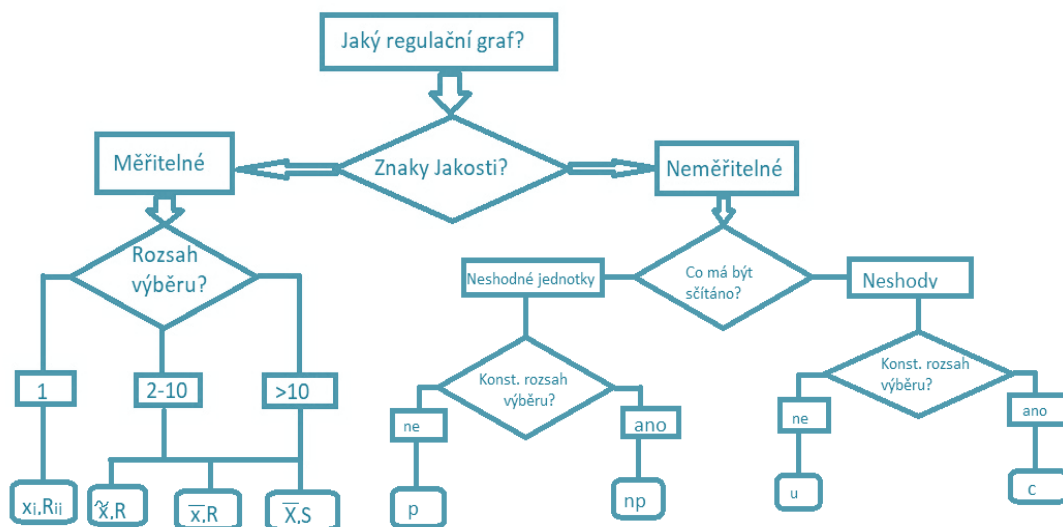
Tabulka 1.2 – Atributivní veličiny

| | Rozsah | Počet/podíl chybných jednotek | Počet chyb na jednotku |
|----------------------|---|-------------------------------|------------------------|
| Atributivní veličiny | Konstantní rozsah podskupiny/ výrobní dávky | np - regulační diagram | c- regulační diagram |
| | Různý rozsah podskupiny/ výrobní dávky | p - regulační diagram | u - regulační diagram |

Tabulka 1.3 – Spojité veličiny

| Regulovaná veličina | Typ regulačního diagramu | Označení dle SPC | Popis diagramu |
|---|--|------------------|--|
| Regulační diagram pro spojité veličiny | Regulační diagram průměru a rozpětí) | \bar{X}, R | Regulační karta používaná pro menší rozsahy podskupin, zpravidla pět a méně. Pro regulační diagramy polohy sledovaného znaku je použit aritmetický průměr vypočtený z podskupiny. Pro regulační diagram variability je použito variační rozpětí vypočtené jako rozdíl největší a nejmenší hodnoty podskupiny. Výhodou je možná aplikace bez použití počítačové podpory. Nevýhodou je menší citlivost na změnu variability v podskupině. |
| | Regulační diagram mediánu a rozpětí | \tilde{X}, R | Regulační karta používaná pro malé rozsahy podskupin, nejčastěji do pěti. Z hlediska složitosti výpočtu se jedná o snadnější regulační diagram pro spojitá data. Poloha regulovaného znaku je kontrolována prostřednictvím mediánu. Variabilita je sledována variačním rozpětím. Výhodou je aplikace diagramu při absenci počítačové podpory. Nevýhodou je nižší citlivost na změny sledované veličiny |
| | Regulační diagram průměru a směrodatné odchylky | \bar{X}, S | Regulační karta je vhodná pro velké výrobní dávky, zejména pro hromadnou výrobu. Doporučený rozsah je minimálně 5 jednotek v podskupině. Poloha regulovaného znaku je zastoupena aritmetickým průměrem. Variabilita je kontrolována směrodatnou odchylkou. Výhodou je nejpresnější způsob regulace v kombinaci s nejlepší citlivostí obou diagramů. Nevýhodou je nevyhnutelnost počítačového systému. |
| | Regulační diagram individuálních hodnot a klouzavých rozpětí | X, MR | Regulační karta výhodná pro malé výrobní dávky. Je vhodný pro regulaci znaku nebo veličiny, která se kontroluje a testuje destruktivně. Poloha regulovaného znaku je sledována individuálními hodnotami. Variabilita procesu je kontrolována prostřednictvím klouzavých rozpětí. Výhodou je nasazení, které nevyžaduje použití speciálních výpočtů. Pouze rozdílů dvou klouzavých hodnot. Nevýhodou je vysoká citlivost obou diagramů na každou naměřenou hodnotu. |
| Regulační diagramy pro atributivní veličiny | Regulační diagram pro počet neshodných jednotek | np | Tento typ diagramu si vyžaduje konstantní rozsah podskupin a rozsah výběru má být takový, aby počet zjištěných neshodných jednotek byl nejméně pět. |
| | Regulační diagram pro podíl neshodných jednotek | p | Tento typ diagramu vyžaduje rozsah výběru takový, aby počet zjištěných neshodných jednotek byl nejméně pět. |
| | Regulační diagram pro počet neshod | c | Tento diagram požaduje rozsah podskupiny konstantní a dostatečně velký, aby počet podskupin bez chyb byl co nejmenší. |
| | Regulační diagram pro počet neshod na jednotku | u | Tento diagram požaduje rozsah podskupiny dostatečně velký, aby počet podskupin bez chyb byl co nejmenší. |

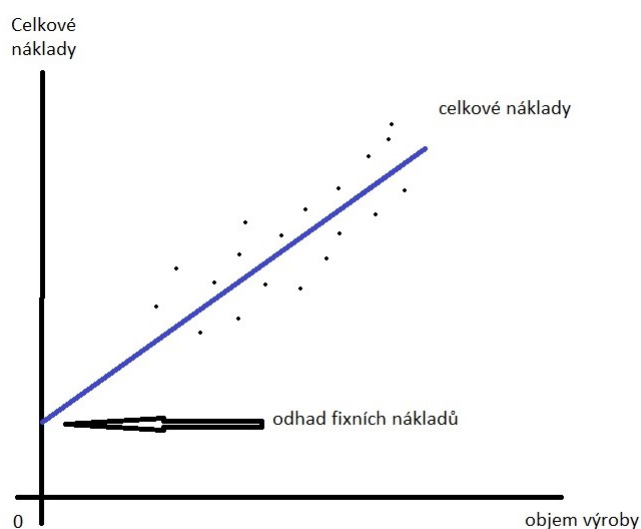
K určení, o jaký typ regulačního diagramu se bude jednat, může snadno posloužit vývojový diagram, viz obr. 1.5.



Obrázek 1.5 – Rozhodovací diagram

Korelační analýza

Korelační analýza zkoumá vztahovou závislost mezi dvěma proměnnými. Tato závislost je vyjádřena body a polohou těchto bodů v diagramu. Poté lze zkoumat, zda se jedná o pozitivní či negativní vzájemnou korelaci.



Obrázek 1.6 – Korelační diagram

Sběr dat

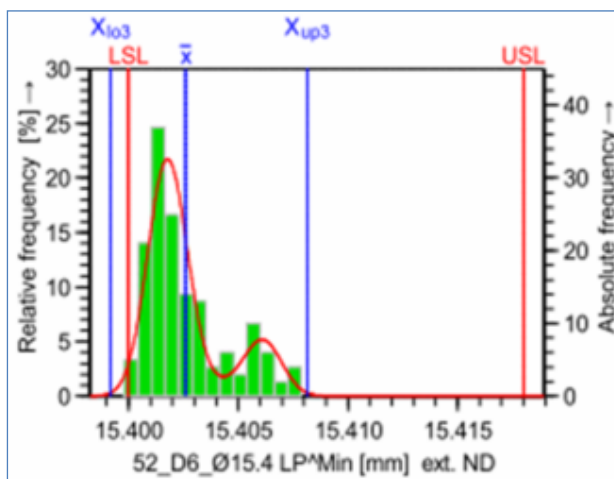
Jedná se o systematické získávání dat stavu procesu. Tato data jsou získávána pomocí záznamů, výsledků a pozorování. Data jsou dále automaticky, poloautomaticky nebo ručně zpracována a uchována ve formulářích⁸.

Během sběru dat platí základní pravidlo, a to aby všechna data byla spolehlivá. Mnohdy jsou nesprávná rozhodnutí udělána na základě špatných dat, což má za následek pouze další zhoršení stavu.

SPC je preventivní způsob řízení kvality, umožňující na základě včasného odhalení významných odchylek od požadované úrovně znaků kvality procesu realizovat zásahy, které dlouhodobě udržují proces na stabilní úrovni. Regulují se tedy vstupy a proces samotný, aby se získaly požadované výstupy.

Histogram

Slouží k rozdělení pravděpodobností zkoumané náhodné veličiny. Ta dosahuje hodnot, jež slouží jako základ rozdělení do skupin, potažmo tříd. Podle tvaru grafu je možné stanovit rozdělení pravděpodobnosti náhodné veličiny².



Obrázek 1.7 - Histogram

1.1.2 Variability procesu

Statistická regulace procesu je založena na existenci variability (proměnlivosti). Ta je přítomná v každém procesu a způsobuje, že se výstupy z procesu od sebe do jisté míry liší. Variabilitu lze sledovat a popsat tak, aby se pohybovala dle zákonů pravděpodobnosti

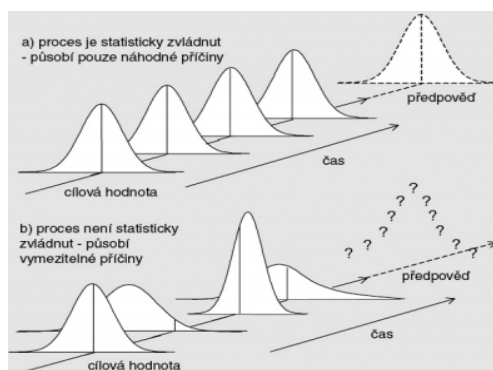
v určených mezích. Na základě těchto poznatků je možné rovněž předvídat budoucí průběh procesu. Příčiny, které na proces a jeho výstup působí, mohou být buď vymezitelné, nenáhodné nebo náhodné.

Náhodné příčiny jsou přirozenou součástí každého procesu, které nelze odstranit. Představují široké spektrum jednotlivě neidentifikovatelných vlivů, z nichž žádný není převyšující. Příkladem náhodných příčin může být vlhkost a teplota prostředí, tuhost a vibrace stroje nebo výrobní linky, nestejnorodost polotovaru vstupujícího do výroby, ale také momentální stav operátora atd. Statistickou analýzou můžeme zjistit rozdělení náhodné veličiny. Působí-li na proces pouze náhodné vlivy, známé parametry znaku kvality se nemění a proces je ve statisticky zvládnutém stavu.

Vymezitelné příčiny na proces za běžných podmínek nepůsobí. Způsobují výrazné a nepřirozené vychýlení procesu a jsou tedy nežádoucí. Lze je identifikovat a v případě, že je to možné a pro daný proces potřebné, je eliminovat. Vymezitelné příčiny můžeme rozčlenit na příčiny sporadické, které vznikají náhle a vyvolané změny v procesu trvají jen krátkou dobu a příčiny přetrvávající, které vyvolávají trvale odchylky v parametrech znaku kvality. Pokud na proces začnou působit vymezitelné příčiny, parametry znaku kvality procesu se mění a proces považujeme za statisticky nezvládnutý. Jako příklady těchto příčin můžeme uvést poškození použitého nástroje, špatné seřízení stroje nebo linky, skryté vady materiálu, neproškolený personál a z toho vyplývající selhání pracovníka atd.

Podle těchto příčin dělíme variabilitu na:

- variabilitu způsobenou náhodnými příčinami,
- variabilitu způsobenou vymezitelnými příčinami⁷.



Obrázek 1.8 – Variabilita procesu⁷

K neustálému zlepšování kvality procesu je nutné proces dlouhodobě monitorovat, eliminovat působení vymezitelných příčin a udržovat ho ve statisticky zvládnutém stavu. Snížením variability procesu lze dosáhnout stejnoměrnější výroby, nižšího procenta neshodných kusů, menšího rozsahu kontrol a nižších nákladů na jejich realizaci, celkově ekonomičtější a ekologičtější výroby (méně výrobků vyžadujících přepracování, menší odpad) a především vyšší spokojenosti zákazníků^{9,13}.

1.1.3 Etapy statistické regulace procesu

Statistická regulace procesu probíhá jako třístupňový cyklus skládající se z analýzy procesu – udržovací fáze – zlepšování procesu.

Tabulka 1.4 – Etapy statistické regulace procesu

| Etapa analýzy procesu | Etapa udržování procesu | Etapa zlepšování procesu |
|--|---|---|
| Etapa analýzy procesu usiluje o uvedení procesu do požadovaného stavu. To znamená, že proces je nastaven na požadovanou hodnotu a osciluje kolem ní s určitým rozptylem a stabilního stavu, kdy je kolísání způsobeno pouze náhodnými jevy. Jde zejména o diagnózu procesu, je-li proces schopen regulace či nikoli. Výstupem je především stanovení určitých mezí, přičemž vzdálenost mezí souvisí s velikostí kolísání daného procesu. | Cílem je udržení procesu ve stabilním stavu, za pomoci monitorování regulačním diagramem, díky kterému víme, kdy do procesu zasahovat a držet ho v definovaných mezích. Neustálé sledování je nezbytné, protože i u způsobilého procesu může dojít k překročení mezí. | Cílem této etapy je minimalizace variability a nadále zlepšovat kvalitu výstupu. Na základě detailnějšího poznání jsou definována kritická místa procesu, na něž je nutné zaměřit pozornost. To je důvodem ke snížení kolísání vyvolaného náhodnými příčinami. Během etapy zlepšování procesu je proces hodnocen pomocí indexů způsobilosti, na nichž se snížení variability projevuje. |

1.2 Způsobilost procesu

Je to schopnost procesu dosahovat trvale předem stanovené cíle kvality. Je definována za pomoci jednoduchých číselných ukazatelů s vysokou vypovídající schopností. Přičemž jsou univerzální pro užití ve více oblastech.

Prvním krokem před použitím vybraného ukazatele je třeba udělat test předpokladů. Pak se provede samotný test významnosti vypočteného ukazatele a jeho využití pro následnou analýzu procesu. Předpokladem pro takového ukazatel jsou:

1. Stabilita procesu – proces je ve statisticky zvládnutém stavu (pomocí regulačních diagramů),
2. naměřené hodnoty bez odlehlých hodnot,
3. správně stanovené tolerance.

Výběr vhodného ukazatele způsobilosti se dělá podle toho, je-li znak, popřípadě parametr kvality měřitelný či neměřitelný. Pro znaky neměřitelné se znak kvality způsobilosti procesu vyjadřuje procentem výrobků, které vyhovují požadované kvalitě. V je relativní četnost neshodných výrobků. Vyhovující způsobilost není fixně stanovena, jedná se o interní rozhodnutí v rámci organizace, obvykle se však uvádí 98–99 %. Výpočet je pak ze vztahu⁹.

$$C = 100 \cdot (1 - V), \quad (1)$$

V – relativní četnost neshodných výrobků

C – ukazatel způsobilosti

Měřitelný znak kvality je většinou ze statistického hlediska charakterizován výběrovým souborem s normálním rozdělením. Pro toto rozdělení $N(\mu, \sigma^2)$ platí pravidlo tří sigma, tzn. že 99,73 % hodnot leží v intervalu 6σ , tj. $(\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma)$. Normalita dat je pro hodnocení způsobilosti zásadní a musí být vždy ověřena.

V praxi se provádí hodnocení způsobilosti výpočtem indexů způsobilosti. Jedná se o poměr specifikované přesnosti a přesnosti dosahované. Specifikovaná přesnost je dána:

- Horní toleranční mezí USL,
- dolní toleranční mezí LSL,
- cílovou optimální hodnotou T.

Délka tolerančního intervalu (LSL, UTL) je USL-LTL a dosahovaná přesnost je často určena rozptylem s^2 , který se vyjadřuje rozptýleností hodnot kolem průměrné hodnoty a ze vztahu⁹.

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2, \quad (2)$$

s^2 – rozptyl

n – počet prvků souboru

x_i – hodnoty, kterých může náhodná veličina x nabývat

\bar{x} – je střední hodnota veličiny

K hodnocení, zda je rozptyl velký nebo malý, se používá porovnání s jiným rozptylem, který musí být ve stejných jednotkách. Cílem takového hodnocení způsobilosti procesu je číselně vyhodnotit aktuální stav procesu za účelem dodržet stanovenou kvalitu a míru variability kolem této hodnoty. Hodnocení také bývá u nestabilních procesů a nazývá se hodnocením performance, kde se rovněž posuzuje aktuální úroveň, ale bez možností následných analýz a prognóz^{9,13}.

1.2.1 Indexy způsobilosti procesu

Indexy způsobilosti se liší způsobem výpočtu, použitelnosti a vlastnostmi. Mezi ty nejpreferovanější patří C_p , C_{pk} , C_m , C_{mk} .

Index C_p

Ke stanovení indexu způsobilosti C_p je nutné splnit obecné předpoklady uvedené v kapitole 1.2 a podmínku normálního rozdělení $N(\mu, \sigma^2)$ neměřených hodnot. Je důležité otestovat kritéria před tím, než začneme s výpočtem, aby měl soubor normální rozdělení. Je nutné:

- Získat dostatečně velký počet naměřených hodnot,
- použít správný test na normalitu dat,
- vyloučit ze souboru odlehlé hodnoty.

Index C_p se počítá ze vztahu⁹.

$$C_p = \frac{USL - LTL}{6\sigma}, \quad (3)$$

UTL – horní toleranční mez

LTL – dolní toleranční mez

σ – směrodatná odchylka

Kde σ je směrodatná odchylka základního souboru, která většinou není známa a proto se nahrazuje výběrovou směrodatnou odchylkou s . Tímto získáváme tzv. odhad indexu C_p .

Nevýhodou tohoto indexu je, že nebere v úvahu polohu rozdělení vůči pozici tolerančního pole. Tedy nevíme, zda je proces správně vycentrován⁹.

Index C_{pk}

Tento index vznikl díky snaze a nedostatku indexu C_p , zkoumat variabilitu procesu vůči středu tolerančního pole. Rovněž při něm musí platit podmínka normálního rozdělení naměřených dat. Výpočet je dle vztahu⁹.

$$C_{pk} = \min(C_{pL}, C_{pU}), \quad (4)$$

$$C_{pL} = \frac{\mu - LTL}{3\sigma}, \quad (5)$$

μ – střední hodnota

σ – rozptyl

$$C_{pU} = \frac{UTL - \mu}{3\sigma}, \quad (6)$$

V případě, že by průměrná hodnota μ ležela mimo toleranční pole, je C_{pk} nula, a to z toho důvodu, že C_{pL} respektive C_{pU} je záporné⁹.

Index P_p

Mezi tímto indexem a indexem C_p je poměrně velká podobnost. Rozdíl je v tom, že tento index srovnává výkonnost procesu s maximální povolenou oscilací v daném tolerančním poli. Používá se spíše jako ukazatel pro delší časová období a zkoumá potenciál procesu ze vztahu⁹.

$$P_p = \frac{USL - LTL}{6\sigma_p} = \frac{USL - LSL}{6s}, \quad (7)$$

s – výběrová směrodatná odchylka

Index P_{pk}

Je dalším výkonnostním ukazatelem. Bere v úvahu variabilitu a polohu procesu. V případě, že je hodnota tohoto indexu záporná stejně jako u C_{pk} , je jasné, že proces leží mimo stanovené regulační meze. Zkoumá potenciál procesu, který tento proces splňuje při tzv. vytrídění. Stanovuje se, jako menší hodnota P_{pU} a P_{pL} ze vztahu⁹.

$$Ppk = \min(P_{pL} P_{pU}), \quad (8)$$

$$P_{pL} = \frac{\bar{\bar{x}} - LTL}{3\sigma_p} = \frac{\bar{\bar{x}} - LTL}{3s}, \quad (9)$$

s – odhadovaná směrodatná odchylka

$$P_{pU} = \frac{UTL - \bar{\bar{x}}}{3\sigma_p} = \frac{UTL - \bar{\bar{x}}}{3s}, \quad (10)$$

1.3 Kritéria hodnocení způsobilosti procesu

Indexy způsobilosti jsou čísla bez rozměru. Nabývají pouze kladných hodnot a popisují schopnost procesu vyrábět ve specifikovaných limitech. Jsou definovány standardní hranice, které říkají, zda a jak je proces způsobilý, popř. není. Následující pravidla platí pro všechny výše uvedené indexy, ale jako ukázka je popsán pouze C_p .

- $C_p < 1$ proces s nízkou způsobilostí nebo měřicí proces není způsobilý,
- $1 \leq C_p \leq 1,33$ proces je ve střední způsobilosti a vyhovuje předepsaným mezím,
- $C_p > 1,33$ proces je způsobilý¹³.

Mohlo by se zdát, že z dlouhodobého hlediska je $C_p > 1,33$ dostatečné, ale převážně v automobilovém průmyslu je toto již minulostí, kdy se za způsobilý proces považuje $C_p > 1,67$ a krátkodobě především v před sériové fázi $C_p > 2$ ⁹.

1.4 Způsobilost stroje

Index způsobilosti stroje je vypočítán na základě odebraných vzorků z nepřetržité výroby. Používá se pro ověření, že stroj je způsobilý sám o sobě vyrábět ve specifikovaných mezích. Tento index je známý jako C_m/C_{mk} . Také se používá pro měření v případě zlepšení variability stroje a jeho ověření, například po změně nastavení v CNC programu. Výpočet je stejný jako při C_p/C_{pk} . Rozdílem ve výpočtu je pouze způsob získání standardní odchylky, která se počítá přímo ze vzorku. C_{mk} hodnota by měla být 2. Vypočítá se ze vztahu⁹.

$$C_m = \frac{USL - LTL}{6\sigma}, \quad (11)$$

$$C_{mk} = \min(C_{mL} C_{mU}), \quad (12)$$

$$C_{mL} = \frac{\mu - LTL}{3\sigma}, \quad (13)$$

$$C_{mU} = \frac{UTL - \mu}{3\sigma}, \quad (14)$$

1.5 Způsobilost měření

Než začneme zkoumat způsobilost procesu atd. musíme ověřit, že zdroj dat, tedy měřidlo, popř. operátor je způsobilý a máme dostatečnou jak způsobilost měřidla (opakovatelnost) C_g/C_{gk} , tak reprodukovatelnost měření neboli GR&R studie.

C_g/C_{gk}

Je takzvaný type 1 MSA. Zde se zkoumá, že měřidlo je schopné opakovat výsledky měření. Aby byl splněn požadavek, musí dosáhnout minimálně 1,33. Stačí jeden vzorek a měření 50x. Vypočítá se ze vztahu⁹.

$$C_g = \frac{0,2T}{4s_g}, \quad (14)$$

s_g – standardní odchylka měření etalonu měřicím systémem

T – šíře tolerančního pole

$$C_{gk} = \frac{0,1T|\bar{x}_g - x_r|}{4s_g}, \quad (15)$$

\bar{x}_g – je průměrná hodnota měření etalonu měřicím systémem

x_r – jednotlivé hodnoty měření

GR&R

Tato studie se zabývá zkoumáním reprodukovatelnosti výsledků. Tzn. celý proces měření se opakuje (např. upnutí vzorku do upínky pro měření a odepnutí atd.). Také se ověřuje více operátory. V dnešní době je známo několik způsobů, jak provádět tuto studii. Standardně se používá metoda vyhodnocení ANOVA a měření pomocí tří operátorů, deseti kusů vzorků a třech opakování. To v konečném důsledku znamená, že máme 90 měření. Takový je požadavek společnosti Ford²¹.

Dají se dělat i menší studie s méně operátory a opakováním, avšak výsledek není zcela objektivní. Také se používá v případě atributivních výsledků, ale to není případ této práce. Do 10 % je celý systém měření schopen reprodukovat výsledky tak, aniž by tím ohrozil výpočet způsobilosti procesu a je prohlášen za vhodný. Pokud více než 10 % až 30 % je možno použít toto měření s odchylkou a je doporučeno zavést optimalizační akce, vedoucí k dosažení maximálně 10c%. Výsledek nad 30c% zřetelně ukazuje, že systém měření není schopen reprodukovat výsledky, to znamená, že má vysoce negativní vliv na řízení procesu pomocí celého SPC. Výpočet je možné provést pomocí programu PALSTAT nebo například QSTAT²¹.

1.6 Six Sigma

Název Six Sigma je odvozen z písmene řecké abecedy sigma σ . Sigma v matematickém pojetí charakterizuje směrodatnou odchylku, kterou se vyjadřují naměřené hodnoty odlišující se od sebe. Nižší hodnota směrodatné odchylky vyjadřuje vyšší vzájemnou podobnost prvků sledovaného souboru, než hodnota s vyšší hodnotou σ ⁵.

1.6.1 Historie Six Sigma

Společnost Motorola měla kolem roku 1990 poměrně velkou poruchovost finálních výrobků, ale vcelku na přijatelné úrovni. Avšak ostatní japonské firmy s podobnými produkty měly stejnou nebo nižší poruchovost. To vedlo ke zrodu korporátní kvality a cílů společnosti z pohledu poruchovosti výrobků. Zmíněná situace zapříčinila zrod metodiky Six Sigma, většinou založené na již známých technikách jako SPC a poslední dobou zavedené Total Quality Management (TQM). Někteří lidé v té době poukazovali na to, že se nejedná o více, než profit pro konzultanty a že základní koncepty nejsou dostatečně vyslyšeny.

Společnost GE kolem roku 1995 implementovala metodiku Six Sigma během pěti let a přebudovala takřka celou společnost. Díky této metodice významně klesla poruchovost produktů. Společnost GE ji dokonce implementovala do finanční divize. Následkem bylo snížení ztrát a tím zvýšení zisku o 250 000 dolarů. Aby se ale tato metodika mohla efektivně používat, je třeba změnit způsob myšlení celé organizace. Proto je třeba během implementace brát zřetel na lidský faktor a znát přesné potřeby zákazníka³.

1.6.2 Koncept Six Sigma

Koncepce Six Sigma je založena na vzájemné spolupráci, kreativitě, dovednostech a komunikaci jednotlivých členů týmu. Metoda Six Sigma je aplikovatelná ve všech oborech podnikání a není zaměřena jen na určitou službu či výrobní sféru. Samotná koncepce Six Sigma se skládá z několika fází, jak bylo zmíněno v předchozí kapitole. Každá fáze vyžaduje vynaložení určité investice a energie. Správné zavedení metody Six Sigma však přináší zvýšení produktivity a v konečném důsledku snížení ekonomických nákladů a zvýšení tržního podílu. S tím souvisí udržení stávajících zákazníků a získání nové klientely. Metodika Six Sigma se vzdala teoretického pojetí takzvaného „Nulového defektu“, který byl celou dobu uznávaný, jako konečný cíl zlepšení kvality⁴.

Vyhovující proces dle Six Sigma je ten, který zabezpečí dodání maximálně 3,4 vadných produktů nevyhovujících požadavkům zákazníka z milionu dodaných výrobků. Míra efektivity takového procesu je 99,9997 %.

Tabulka 1.5 – Úroveň Six Sigma⁴

| Úroveň Sigma | Výnos [%] | Počet neshod na milion příležitostí | Odhad nákladů na nekvalitu |
|--------------|-----------|-------------------------------------|----------------------------|
| 1.0σ | 33% | 691 462 | >40% |
| 2.0σ | 69.2% | 308 538 | 30-40% |
| 3.0σ | 93.32 | 66 803 | 20-30% |
| 4.0σ | 99.38% | 6 210 | 15-20% |
| 5.0σ | 99.9767% | 233 | 10-15% |
| 6.0σ | 99.99966% | 3.4 | <10% |

1.6.3 Principy Six Sigma

Moderní koncepce Six Sigma staví na základních principech, tzv. hodnotách. Principy představují zásady a základní myšlenky, které jsou dále rozvíjeny dle aktuálních trendů. I přesto, že jsou v různých modelech odlišnosti v pojetí a struktuře, je obecně uznáváno až jedenáct základních principů¹¹.

V následující části bude objasněno pět základních principů, a to: 1. Stanovení hodnoty pro zákazníka, 2. Identifikování hodnotového toku a eliminování plýtvání, 3. Utvoření toku hodnot určených zákazníkem, 4. Stanovení odpovědností každého zaměstnance za výkon vlastní práce, 5. Zavedení neustálého zlepšování usilující o dokonalost⁴.

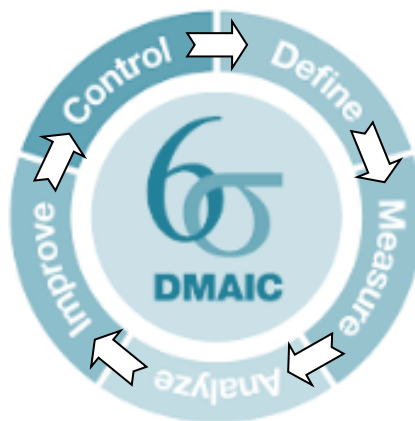
Tabulka 1.6 – Druhy plýtvání

| Druh plýtvání | Projev |
|---------------------------------|--|
| 1. Čekání | Nedostatečné využití kapacit. |
| 2. Nadbytečná výroba | Vzniká v případě nevhodně rozmístěných operací. |
| 3. Nesprávné vykonávání operací | Dochází ke vzniku vad na výrobku nebo služeb. Nejčastěji k tomu dochází u ručních operací. |
| 4. Nadbytečné zásoby | Zásoby nepřidávají hodnotu produktu a navíc skladování materiálu zvyšuje náklady. Dále hrozí riziko prošlé expirace. |
| 5. Nadbytečné pohyby | Jedná se o veškeré pohyby, které nepřidávají žádnou hodnotu produktu a jsou tedy zbytečné a neproduktivní. |
| 6. Nekvalita výroby | Například dodatečné kontroly vyrobených produktů, vznikem reklamací od zákazníků. |
| 7. Nedostatečné využití kapacit | Talentovaný pracovník dělá operátora. Nerozpoznaný talent. |

1.6.4 DMAIC

Metodika Six Sigma je složena z několika po sobě jdoucích kroků, které jsou vyjádřeny pod zkratkou DMAIC. Tato zkratka vychází z anglických slov:

- Define (Definovat) – definice problému.
- Measure (Měřit) - zhodnocení stavu kvalitativně a kvantitativně.
- Analyse (Analyzovat) – analýza problému.
- Improve (Zlepšit) – samotné kroky vedoucí ke zlepšení.
- Control (Řídit) – kontrola implementací.



Obrázek 1.9 – Six Sigma - DMAIC

Define (definovat) – prvním krokem řízení Six Sigma projektu je přesná a jednoznačná definice zadání projektu, respektive dokumentu projektu. Zahrnuje vedle obvyklých charakteristik a údajů projektu především detaily k následujícím bodům.

Business Case/Pozadí problému: Popisuje aktuální situaci společnosti a zdůrazňuje, proč je projekt Six Sigma potřeba právě v tento okamžik – obsahuje tedy důležité výpovědi ke třem kritériím, ke kvalitě, času a zákazníkovi.

Problémy a cíle/Užitek: Tento bod objasňuje konkrétní problematiku a kvantifikuje cílovou představu Šampióna (managementu) při stanovení Sigma úrovně, které se chce dosáhnout například z pohledu čistého zisku.

Rozsah projektu zaměřen/Rámec: Odpovídá na otázky, jaký postup nebo posouzení patří k projektovému rámci a jaký nikoli. Také odpovídá na otázku, co stojí v zájmu zlepšovacích aktivit.

Role/Zodpovědnost a milníky: Ty definuje projektový tým pod vedením Green nebo Black belta. Týmový vedoucí zodpovědný za projekt, určuje dobu počátku a konce projektu a stanovuje potřebné personální zdroje.

Measure (měřit) – na začátku této fáze jsou odvozovány na základě zjištěných elementárních vstupních a výstupních veličin, co je nejpřesnější kvantifikování a „pochopení“ referenčního výkonu aktuálního procesu, tedy hodnoty výchozí situace (nulové měření). V rámci projektu Six Sigma je prvořadým cílem odhalení a optimální nastavení poměru příčin a následků. Odvození měrných veličin pro určení procesní efektivity a účinnosti je proto druhou početně zaměřenou systematikou Six Sigma. Na konci fáze probíhá shromažďování dat z měření v procesu, abychom zjistili aktuální výkonnost podniku. Důležité je například četnost chyb PPM (Parts Per Million) a variabilita procesu jako Cp hodnota a Cpk hodnota pro stálé ukazatele.

Analyse (analyzovat) – na základě naměřených skutečných údajů a stanovené Sigma úrovně navazuje na fázi Analýzy detailní vyhodnocení aktuálního výkonu. V této souvislosti se především vyplatí určit hlavní příčiny chyb a odvodit na nich založené možnosti zlepšení. Je to klíčová fáze, protože bez vypovídající analýzy příčin není možné definovat a realizovat zlepšovací návrhy. Konkrétně se podnikají následující tři kroky:

1. Vytvoření detailního znázornění procesu a analýzy skutečného procesu za použití analýzy času, tvorby hodnot a vlivu.
2. Provedení analýzy příčin a následků pro odhalení potenciálních příčin neshod a popř. definování bodů měření.
3. Odkrytí souvislostí mezi závislými proměnnými a souvisejícími faktory vlivu a příčin pomocí analýzy údajů¹².

Improve (zlepšit) – Fáze zlepšení je čtvrtým krokem cyklu DMAIC, kde se ověřuje správnost a funkčnost navržených řešení. Jde o fázi implementace, řešení směřující ke zlepšení stávajícího stavu vycházející z měření a předchozích analýz. Výsledkem je nová podoba finálního procesu, který koresponduje s požadavkem zákazníka s ohledem na možnosti organizace¹⁵.

Control (řídit) - Hlavním cílem kontrolní fáze je statistické ověření účinnosti navrhnutých a implementovaných řešení v rámci projektu. Dokumentují se získané poznatky a zjištění projektu. Krok kontroly má potvrdit odstranění problému a ujistit, že nově zvolený postup je schopen zlepšovat proces v průběhu jeho vývoje¹⁶.

Řešitelský tým se musí ujistit na základě vyhodnocených výsledků, že provedené změny jsou stabilní. Posuzují se finanční hlediska projektu, prezentují výsledky a stabilní proces přebírá zpět sponzor projektu³.

Six Sigma se realizuje přes kurzy dle určitých úrovní. Každá dosažená úroveň zajišťuje vyšší znalosti účastníka/absolventa, ale klade také větší nároky na absolvování. Aby uchazeč mohl kurz úspěšně dokončit, musí vytvořit celý individuální projekt, podle zadaných kritérií. Kurz se dělí na:

1. **White belt** – můžou participovat na Six Sigma, ale ne se přímo účastnit.
2. **Yellow belt** – role jako asistent pro Green belt.
3. **Green belt** – trénování vést malé lean Six Sigma projekty.
4. **Black belt** – plně zaměstnání jako Six Sigma experti, vedou nižší úrovně.
5. **Champion belt** – senior členové organizace podporující úspěch projektu.
6. **Master of Black belts** – nejvyšší stupeň. Koučují Lean Six Sigma belts⁵.

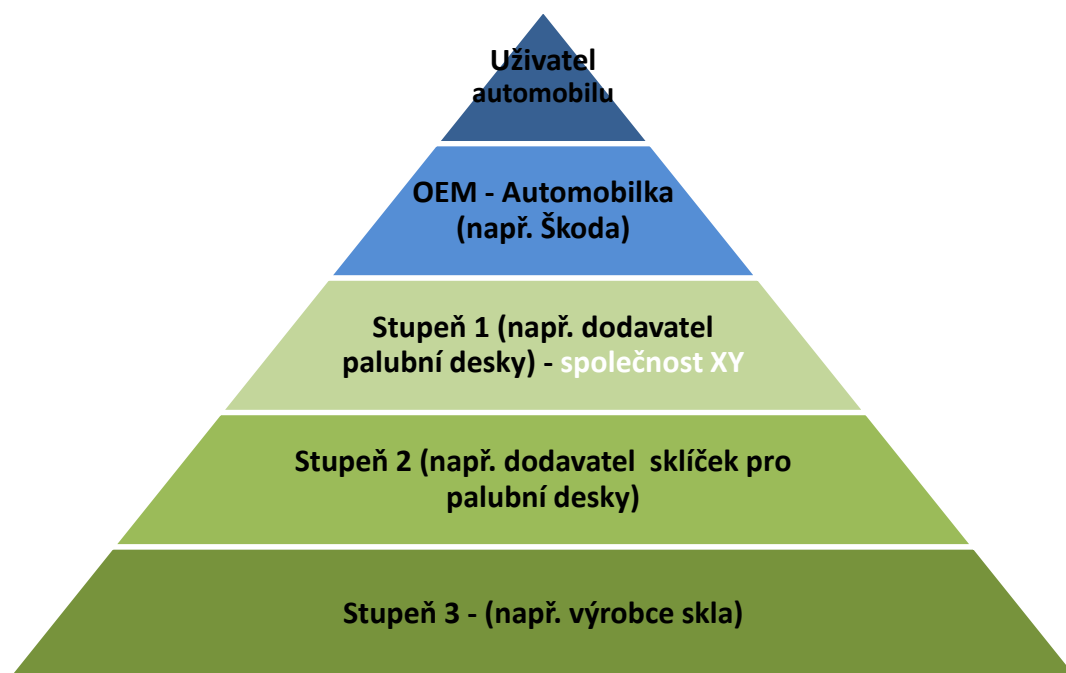
2 Obecný popis analyzované společnosti XY

Tato kapitola popisuje základní strukturu společnosti XY a uvádí o ní základní informace. Popisuje její organizační strukturu a detailněji se zaměřuje na oddělení kvality. V další části této kapitoly, se zabývá informačním systémem společnosti. Na závěr kapitoly jsou popsány a vyhodnoceny aktuální výkonnostní ukazatele vybraného projektu a určena požadovaná cílová kritéria.

2.1 Obecný popis analyzované společnosti

Protože si společnost nepřála zveřejňovat její název a detailní informace, bude následovat pouze stručný popis společnosti týkající se oblasti působení, regionu a dalších základních informací, jako např. organizační struktura. V této diplomové práci dostala společnost pracovní název společnost XY.

Společnost byla založena jako pobočka nadnárodní korporace, která působí především v oblasti automobilového průmyslu. Vyrábí jako dodavatel prvního stupně pro automobilky. Vysvětlení pojmu *Stupeň 1* viz obrázek 2.1.

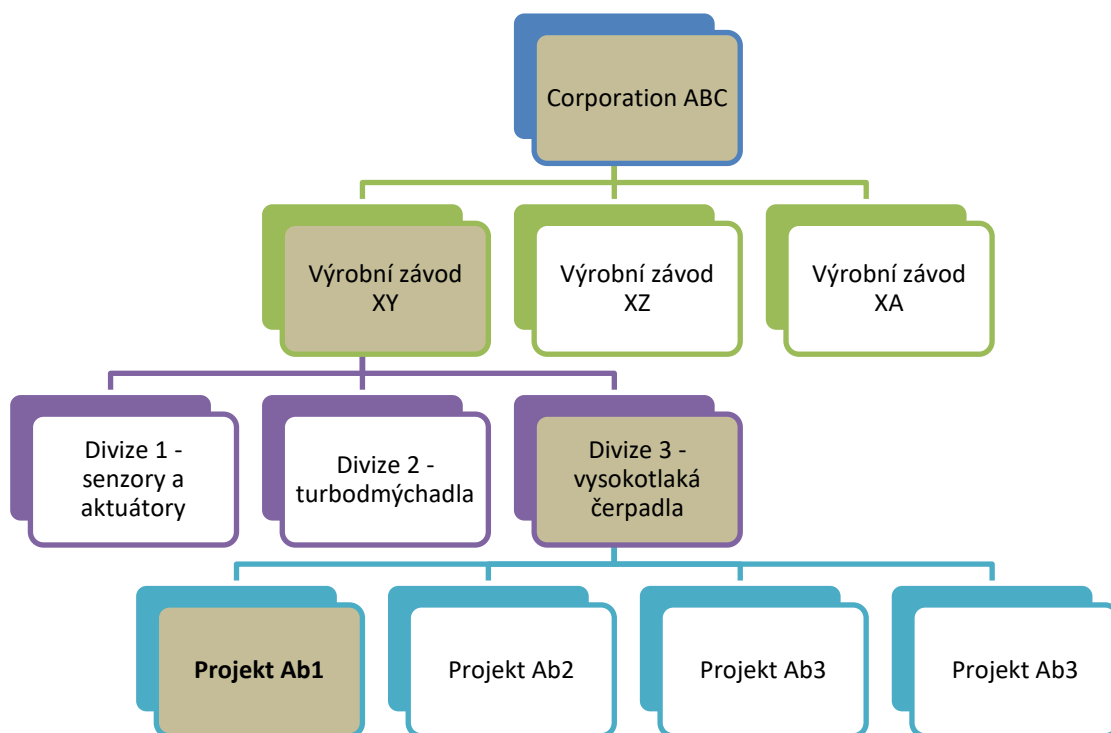


Obrázek 2.1. – Dodavatelský řetězec

Produkce je rozdělena do třech divizí, a to senzory a aktuátory, turbodmychadla a vysokotlaká čerpadla. Výrobní závod zaměstnává více než 1500 pracovníků a působí

v Čechách. V tomto výrobním závodě XY došlo k analyzování divize pro vysokotlaká dieselová čerpadla a projektu pracovního označení Ab1.

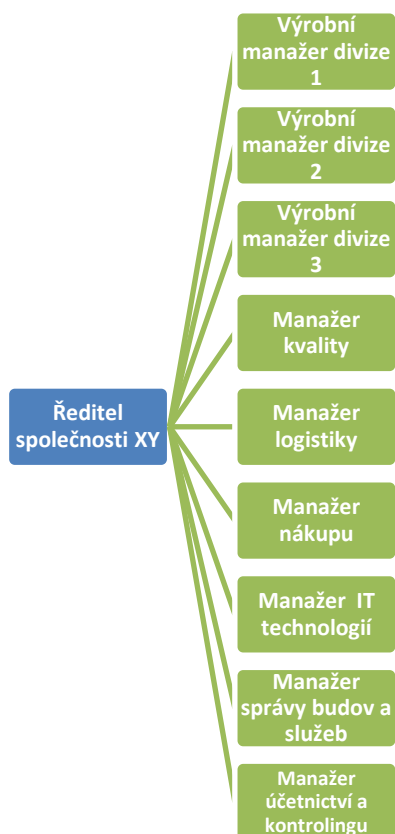
Výrobní projekt Ab1 má jednu výrobní linku, která je poloautomatická. Pracuje se zde ve třísměnném nepřetržitém provozu, tzn. osm hodin jedna směna. Výrobní norma je přibližně 14000 ks finálních výrobků za týden. Tento projekt začal startovat v roce 2016, to znamená, že se jedná o poměrně nový projekt a právě proto byl vybrán, protože převážně u nových projektů se obecně setkáváme s větším počtem problémů a možnostmi optimalizací.



Organizační struktura podniku celé korporace je více méně mix všech různých typů jak projektové, tak liniově štábní a je zakreslena na obrázku 2.2. Společnost má ředitele, který je zároveň jednatelem české pobočky a reportuje jednotlivým korporátním ředitelům dle divizí. Nejvyšší management tohoto výrobního závodu představuje manažer kvality, manažer účetnictví a kontrolingu, manažer logistiky, manažer IT technologií, manažer správy budov a služeb, manažer nákupu a v neposlední řadě jednotliví výrobní manažeři dle divize, tedy tři. Organizační struktura je vizualizovaná, viz obrázek č. 2.4.



Obrázek 2.3 – Vysokotlaké dieselové čerpadlo²²



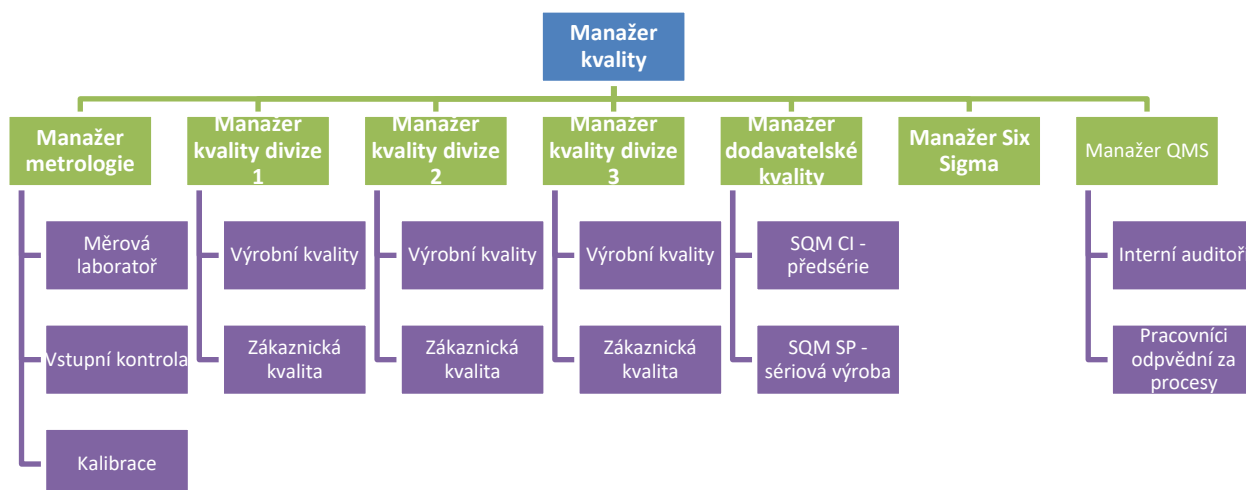
Obrázek 2.4 – Organizační struktura nejvyššího managementu

2.2 Oddělení kvality vybrané společnosti

Oddělení kvality v závodě XY je rozděleno do několika sekcí, a to z důvodu lepší dělby práce a potřebné specializace jednotlivých pracovníků. Oddělení kvality je odpovědné za:

- Řízení neshodného produktu.
- Uvolňování nových projektů.
- Nastavování standardů, procesů a metod ve společnosti.
- Řešení neshodného materiálu (od dodavatele, z vlastní výroby a od zákazníka).
- Měření, materiálové zkoušky.

Oddělení kvality zastřešuje manažer kvality, který má pod sebou jednotlivé střední manažery (dále SLM). SLM jsou: manažer dodavatelské kvality, manažer kvality dle divize, manažer metrologie, manažer Six Sigma a manažer QMS. Popis jednotlivých činností:



Obrázek 2.5 - Oddělení kvality v analyzované společnosti XY

Výrobní kvalita (Manufacturing quality engineer dále MQE) se zabývá každodenními problémy ve výrobě a měla by lokalizovat příčinu vzniku problému na lince, zdali neshodný produkt vznikl v procesu nebo tento neshodný produkt přišel v této formě již od dodavatele.

Oddělení dodavatelské kvality (Supplier quality engineer dále SQM) má na starosti kvalitu vstupního materiálu, podílí se na výběru dodavatele, uvolňování komponent, změnových řízení vstupního materiálu, řízení reklamací na vstupních komponentech a neustálém zlepšování dodavatelů. Je rozděleno na:

- SQM operative (sériová výroba), tvoří 10 členů,
- SQM preventive (předsérie), tvoří 6 členů.

SQM operative se zabývá reklamačním řízením komponent v sériové výrobě. Jedna reklamáce znamená jeden 8D report. SQM preventive je odpovědný za správné uvolnění dodavatele do sériové výroby, změnové řízení a slouží jako podpora pro SQM operative. Vstupní kontrola má pak na starosti uvolňování vstupních komponent do výroby po provedení vstupní kontroly dle kontrolního plánu. Tento kontrolní plán tvoří převážně pracovníci SQM týmu.

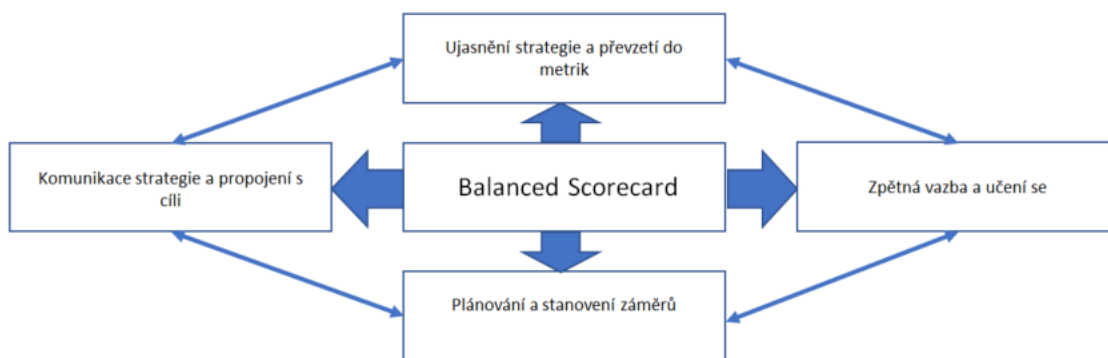
Oddělení zákaznické kvality (Manufacturing Quality Manager for product in production dále M QMPP) sleduje kvalitu finálního výrobku, který jde jako výstup k zákazníkovi. Řeší požadavky zákazníka a interní změnová řízení, která mají vliv na zákazníka. Řídí reklamace od zákazníka.

Systémová kvalita (Quality management system dále QMS) nastavuje systém mezi jednotlivými funkčními odděleními kvality, vydávají procedury a metody, schraňují veškeré dokumenty kvality, které také inovují a podílí se na interních auditech.

Six Sigma tým má na starosti vyřešit zásadní problémy společnosti XY. Jedná se o poměrně nové oddělení, které vzniklo oficiálně v roce 2017. Toto oddělení působí na všech divizích a dostává úkoly jak od manažera kvality, tak od ředitele závodu napřímo.

2.3 Informační systém společnosti XY, práce s daty a dokumenty

Tok informací v organizaci je jak vzestupný, tak i sestupný. Od nejvyššího vedení chodí sestupnou formou například tzv. balanced scorecard cíle, které se postupně větví do celé organizace. Vzestupnými jsou například situace vzniku zákaznické reklamáce a informace se postupně dostane až do řad nejvyššího managementu. Tento informační systém je také platný pro projekt Ab1, díky kterému jsou nastaveny jeho klíčové výkonnostní ukazatele a jsou sledovány i další kvantitativní a kvalitativní ukazatele.



Obrázek 2.5 - Balanced scorecard

Byly vybrány příklady používaných aplikací společnosti XY, které slouží jako podpora toku informací skrz vlastní organizace až k dalším třetím subjektům, jako zákazníci, dodavatelé apod. viz tabulka 2.1.

Tabulka 2.1 – Přehled aplikací

| Informační systémy | Popis aplikace |
|--------------------|---|
| SAP | <p>Jedná se o ERP systém, který slouží v celé organizaci pro více účelů v mnoha modulech. Převážně se jedná o řízení zásob a logistické účely, ale slouží také například pro správu dat z výroby a řízení reklamací s dodavateli. Více aplikací:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Řízení zásob. ○ Přesuny materiálu (Kanban). ○ Řízení reklamací s dodavateli. ○ Odchylkové řízení. ○ Obalové hospodářství. ○ Reporting. ○ Plány údržby. ○ Plány vstupních kontrol. ○ Plány kontrol ve výrobě. ○ Výsledky z měření. ○ Další. |
| SupplyOn | <p>Tento systém slouží jako prostředí pro komunikaci s dodavateli. Řídí se skrze něj APQP procesy, reporting dodavatelů, reklamační řízení a slouží také jako portál pro přímé hodnocení dodavatelů. Data jsou přenášena do SAP systému.</p> |

| | |
|---------------------------|---|
| Business warehouse | Je to portál pro reporting organizace. Jsou zde uchována data z SAP a transferována do podoby reportů, grafů a tabulek. Slouží jak pro vrcholový management, tak i pro operativní část. |
| Share point | Dnes velice populární prostředí a moderní aplikace, která umožňuje tvorbu stránek a komunikace mezi nimi. Společnost XY ho využívá pro správu interní dokumentace a téměř každé oddělení má zde svoje vlastní stránky např. s organizační strukturou, docházkou apod. |
| Zákaznické portály | Jako společnost XY komunikuje skrze SupplyOn s dodavateli, tak i zákazníci mají své portály, díky kterým komunikují, sdílejí své požadavky a informace do dodavatelského řetězce. Těchto portálů je celá řada a záleží na počtu a typu zákazníků. |
| JIDOKA portál | Tento portál je novinkou společnosti XY a slouží jako online aplikace pro okamžité sdílení dat z výroby, jako například aktuální OEE a FPY s možností vyobrazení historických dat. Uživatel se může dostat do detailu a zjistit, proč byla zastavena výroba, kdy a z jakého důvodu a jak byl problém vyřešen. Postupně se spouští na dalších projektech. To umožňuje jak nejvyššímu managementu, tak pracovníkům ostatních THP úrovně sledovat, co se v které výrobě děje, odkudkoliv a kdekoliv. |

2.4 Výkonnostní a stavové ukazatele projektu Ab1

Projekt Ab1 má své specifické klíčové výkonnostní ukazatele (dále KPI). V tomto projektu je od půlky roku 2017 nastaven systém JIDOKA, skrz který se tyto ukazatele a stanovené cíle snadno sledují. Hlavními KPI jsou:

- **PPM** – tento ukazatel je nastaven pro sledování počtu neshodných dílů poslaných k zákazníkovi a nalezených buď u něj ve výrobě, popř. v poli u koncového zákazníka. Výpočet je počet neshodných výrobků na 1 000 000 vyrobených kusů v tomto případě dodaných. Cíl je aktuálně nastaven na 30 PPM.
- **FPY** – tento ukazatel ukazuje, kolik kusů prošlo výrobní linkou na první pokus (bez přepracování, opravy apod.). Cíl je aktuálně nastaven na 90 %.
- **OEE** – jedná se o využití výrobních zařízení dle definované normy v procentech. Cíl je aktuálně nastaven na 95 %.

- **Počet reklamací od zákazníka.** Cíl je aktuálně nastaven na 5 za rok.
- **Počet vyrobených kusů/týden.** Cíl je aktuálně nastaven na 14 000 čerpadel za týden.
- **Zmetkovitost.** Cíl je aktuálně nastaven na 0,5%.

V tabulce 2.2 je vyobrazeno nastavení cílů versus jejich plnění ke konci roku 2016, což dále poslouží v navazujících kapitolách k detailním analýzám.

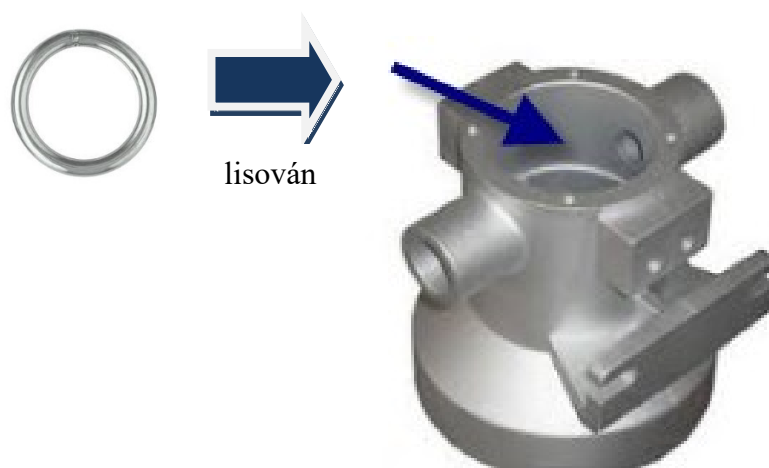
Tabulka 2.2 - Přehled KPI²³

| KPI | Cíl 2016 | Plnění Q4 2016 | Stav plnění |
|-------------------------------------|----------|----------------|-------------|
| PPM | 30 | 20 | Splněno |
| FPY | 90% | 80% | Nesplněno |
| OEE | 95% | 70% | Nesplněno |
| Počet reklamací od zákazníka | 5 | 4 | Splněno |
| Počet vyrobených kusů/týden | 14000 | Průměr 13856 | Nesplněno |
| Zmetkovitost | 0,5% | Průměr 15,7% | Nesplněno |

3 Vyhodnocení analýz a identifikace problémů

V této kapitole jsou vyhodnoceny ukazatele z kapitoly 2.4, na základě kterých je možné analyzovat hlouběji vzniklé problémy. Management společnosti pomocí ukazatelů definoval a postavil řešitelský tým, který měl za úkol vyřešit problémy na projektu Ab1. Moje role v týmu byla za oddělení SQM řešit negativní vliv dodaných komponent, pokud by nastal.

Detailní zaměření na stanici OP40, kde byl problém s lisováním o-kroužku do těla pumpy, tak aby byl schopen dosáhnout nastavených cílů v roce 2017. Pro lepší strukturované řešení byla použita metodika Six Sigma, která měla za úkol daný problém řešit, protože náklady na nekvalitu dosahovaly měsíčně více než 1 000 000 Kč v tomto výrobním objemu. Proces lisování, je názorně zobrazen na obrázku 3.1. Vyhodnocování dat probíhalo především za pomoci programů Minitab a Qstat.



Obrázek 3.1 – Lisování o-kroužku do tělesa OP40

3.1 Define fáze (fáze definování)

V této fázi proběhlo sestavení týmu a určení cílů, časových milníků atd. Sestavení proběhlo rychle. Six Sigma projekt by měl být dokončen v rámci třech měsíců. Pro lepší přehlednost byl sestaven tzv. Project charter v tabulce 3.1. Je ideálním nástrojem pro celkový přehled projektu.

Tabulka 3.1 – Project charter

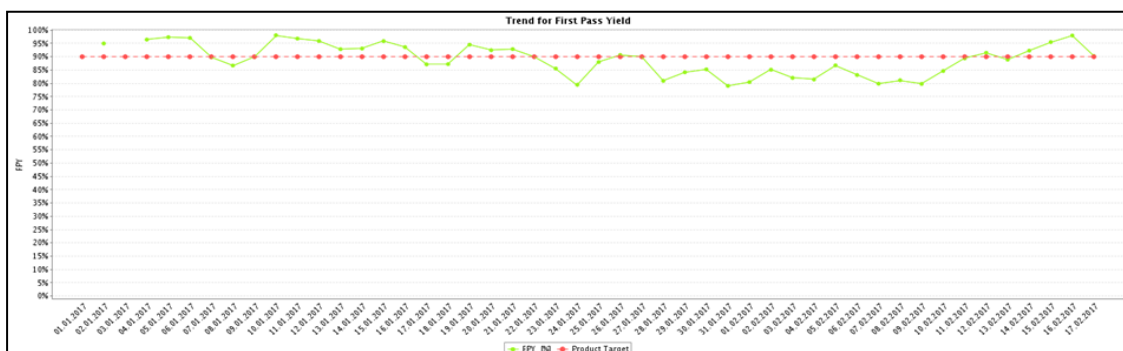
Project charter for quality improvement project

| | | | | |
|--|---|------------|--|------------|
| Project charter for quality improvement project | | | | |
| Popis Six Sigma projektu | Snížení nákladů na nekvalitu na projektu Ab1 stanice OP40. | | | |
| Cílová oblast | Výroba projektu Ab1 | | | |
| Cíle projektu, situace v budoucnu | FYI, OEE, počet vyrobených kusů, zmetkovitost dle KPI pro 2017 jsou dosaženy. KPI jsou nastaveny dle 2016. Náklady na nekvalitu měsíčně pod 100 000 Kč. Výrobní proces projektu Ab1 je pod kontrolou. | | | |
| Členové týmu | SQM člen, R&D člen, člen výrobní kvality a zákaznické kvality, technolog | | | |
| Plán | Start | 5. 1. 2017 | Konec | 5. 4. 2017 |
| Divize | Divize vysokotlakých dieselových čerpadel. | | | |
| Postižená výroba | Závod XY, projekt Ab1 stanice OP40. | | | |
| Risk | Neshodný vstupní materiál, nepokrytí zákazníka OK kusy, reklamace od zákazníka, stahovací akce. | | | |
| Vlastník procesu / Sponzor | Manažer kvality | | | |
| Realizované výsledky např. úspory, zlepšení, ppm redukce, uspořený čas, atd. | Tvrdé | | Měkké | |
| | FPY 98%, OEE 95%, Vyrobené kusy/týden 14000, zmetkovitost 0,5%. | | Snížení dodatečných akcí nemající přínos na produkt. Snížení neshod ve výrobě. Snížení prodlev na lince. | |
| Investice | N/A | | N/A | |
| Časové milníky | Kořenová příčina do 14dnů, Nápravná opatření zavedena do 30dnů, do 90 dnů zavedená preventivní opatření a Six Sigma uzavřena. | | | |
| Nástroje/Metody | Ishikawa, 5Why, SPC, SAP | | | |
| Black belt | Korporátní black belt | | | |
| Project manager | Člen zákaznické kvality | | | |

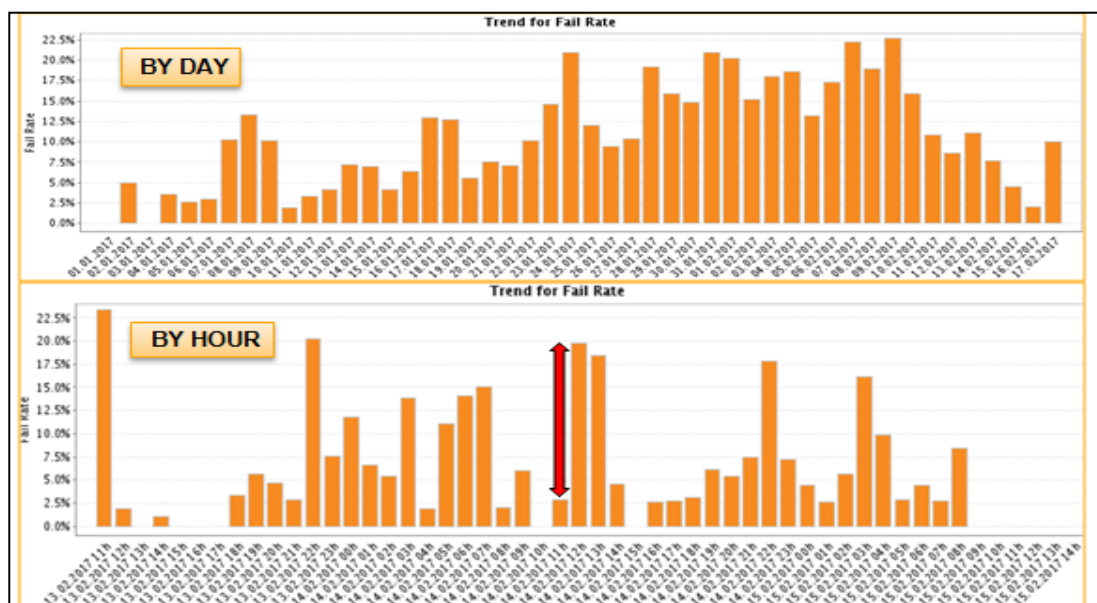
3.2 Measure fáze (fáze měření)

Tato fáze slouží na shromažďování dat z analyzovaného procesního kroku OP40. Cílem je, aby byl nashromážděn dostatek dat z procesu, která budou dále sloužit k analýze kořenové příčiny. Důležité je, aby data byla správná, ověřená a měla spojitost s řešenou problematikou. Je třeba také zjistit všechny obecné informace o procesu výroby. Na obrázku 3.2, 3.3 a 3.4 jsou vyhodnocené grafy z dat procesu. K lepšímu vyhodnocení napomohl systém Jidoka. Bylo relativně jednoduché data ze systému získat. Pro analýzu byly vybrány pouze klíčové ukazatele:

- FPY.
- Zmetkovitost.
- Průběh lisovací síly na stanici OP40.

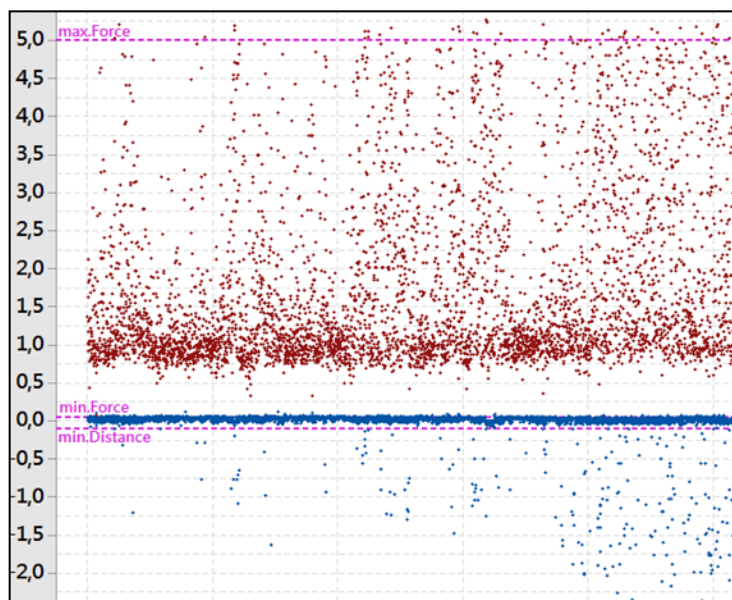


Obrázek 3.2 –FPY²³



Obrázek 3.3 – Zmetkovitost²³

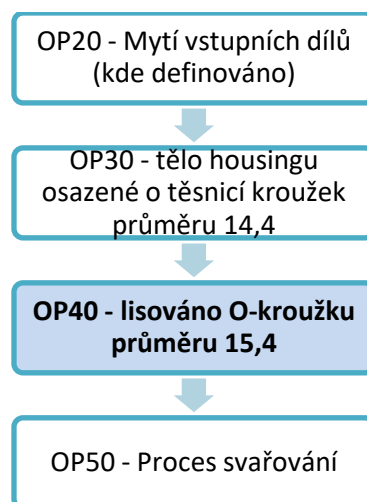
Hodnocení v grafech obrázku 3.3 zobrazuje skutečnost den po dni, a dokonce také hodinu po hodině. Již pouhým okem bez hlubších analýz je vidět, že zmetkovitost narůstá skokově a skokově opět klesá. Průměrná zmetkovitost v tomto kroku procesu je okolo 15 %. FPY také v průměru nedosahuje definovaného cíle, viz obrázek 3.2.



Obrázek 3.4 – Lisovací síla v analyzovaném období²³

Graf ukazuje výpadky během lisování na stanici 40, které jsou nepravidelné v čase. Výpadky oscilují od 0 % až téměř během jediného okamžiku na hodnotu 23 %. Pareto vad z operace 40 postrádalo význam, jelikož 99,9 % podílu zde mají výpadky na lisovací sílu o-kroužku do tělesa pumpy. Na obrázku 3.4 jsou vyobrazeny limity lisovací síly fialově, to, co je nad nebo pod linka označuje jako neshodný produkt. Jeden bod se rovná jednomu výsledku z měření.

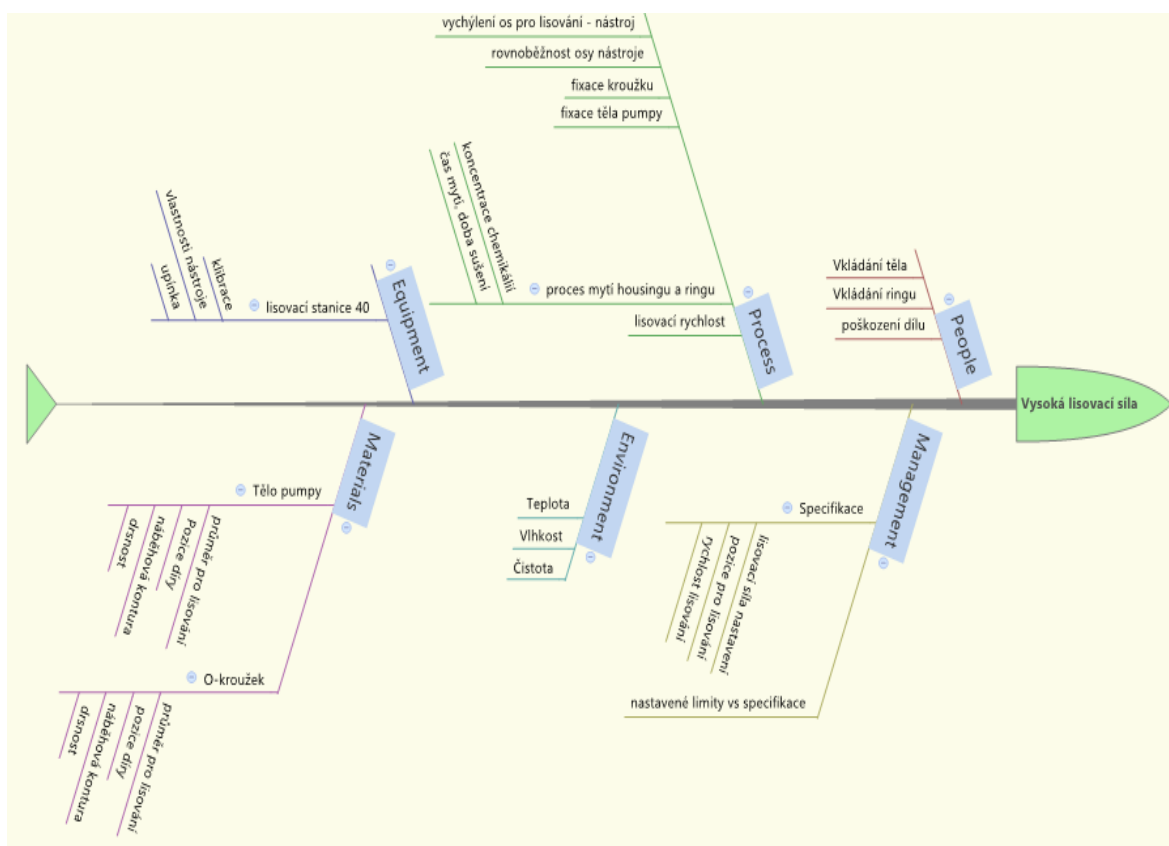
Procesní kroky:



Obrázek 3.5 – Procesní kroky

Analýza potencionální kořenové příčiny na základě nashromážděných dat proběhla v rámci týmu Six Sigma. Tým vymezil veškeré možné příčiny, které mohly vést k problému na stanici 40 a lisování kroužku. Pro lepší vyjádření tým použil metodiku diagramu rybí kosti neboli Ishikawa. Zaměřil se na oblast materiálu, prostředí, nástrojů, procesů, lidí, měření a dokumentací.

Každý člen týmu dostal poté úkoly k ověření potenciálních příčin, zda vedou k problému na stanici 40. Výhodou je, že stejný projekt také paralelně vyrábí tyto čerpadla v dalších dvou lokacích této nadnárodní firmy a dá se využít vzájemných testů.



Obrázek 3.6 – Ishikawa diagram fáze measure²³

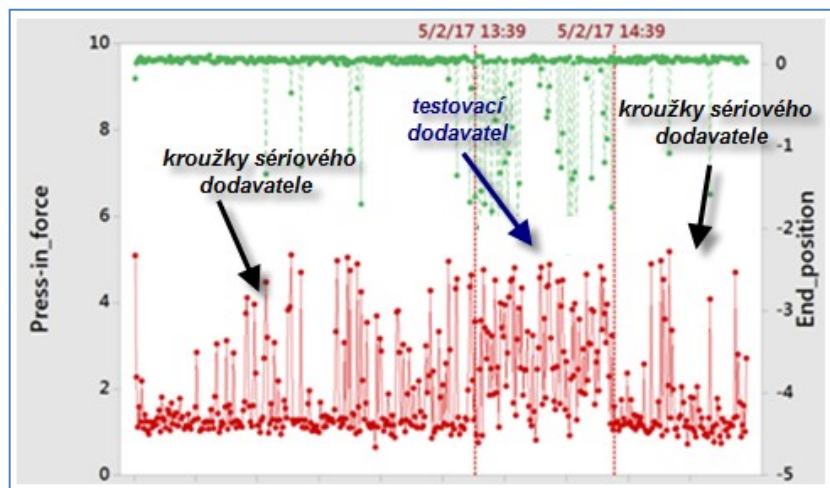
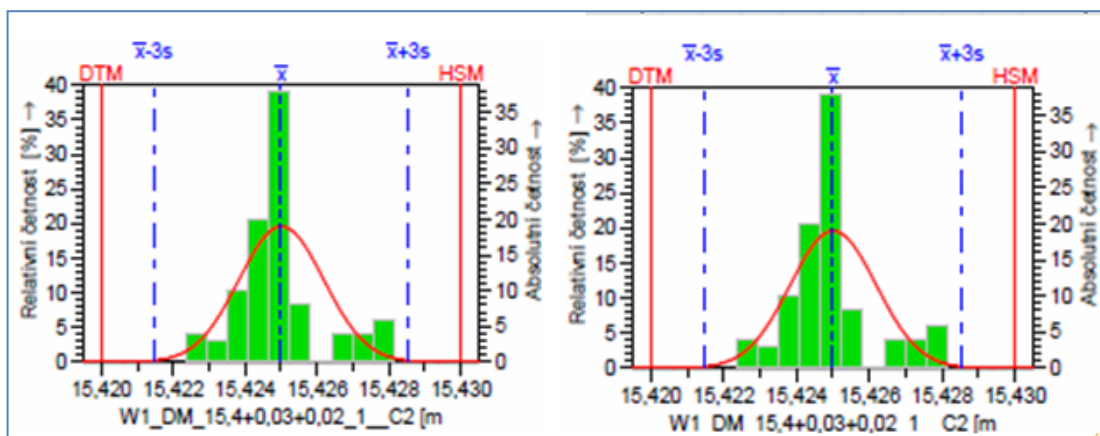
3.3 Fáze analýze (fáze analýzy)

Předcházela sběr dat, na základě, kterého jsme určili možné příčiny problému viz. obrázek 3.6. Nyní proběhlo ověření jednotlivých potencionálních příčin. Cíl je nalezení pravé kořenové příčiny problému, který brání projektu dosahovat vytčených cílů. Bylo použito jak statistických metod, tak metod jako pozorování apod.

3.3.1 Ověřování potencionálních příčin z Ishikawova diagramu

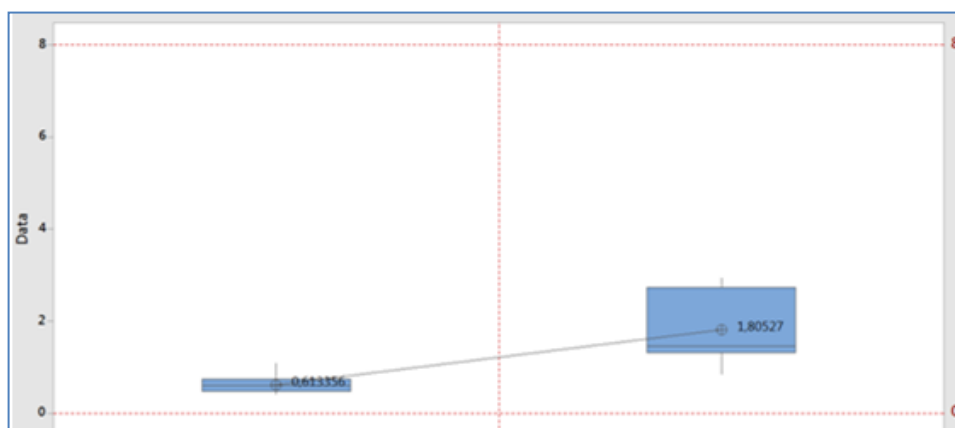
Zkoumání vnějšího průměru O-kroužku

Byly změřeny O-kroužky dodavatele této komponenty. Na základě vyhodnocení histogramu a způsobilostí získaných bylo konstatováno, že **toto není příčina problému**. Také se zkoušely stejné O-kroužky od jiného dodavatele a výstup z procesu byl takřka stejný. Lisovací síla ukazovala stejné hodnoty. Vše bylo vyhodnoceno graficky, viz obrázek 3.7.



Obrázek 3.7 – Průměr kroužku²³

Dále se měřila také drsnost na vnějším průměru o-kroužku, která také nenaznačovala žádný problém. Měření proběhlo na drsnoměru. Dle specifikace Rz 8 naměřeno nejvíce 2,2 μm . Bylo konstatováno, že **toto není příčina problému.**

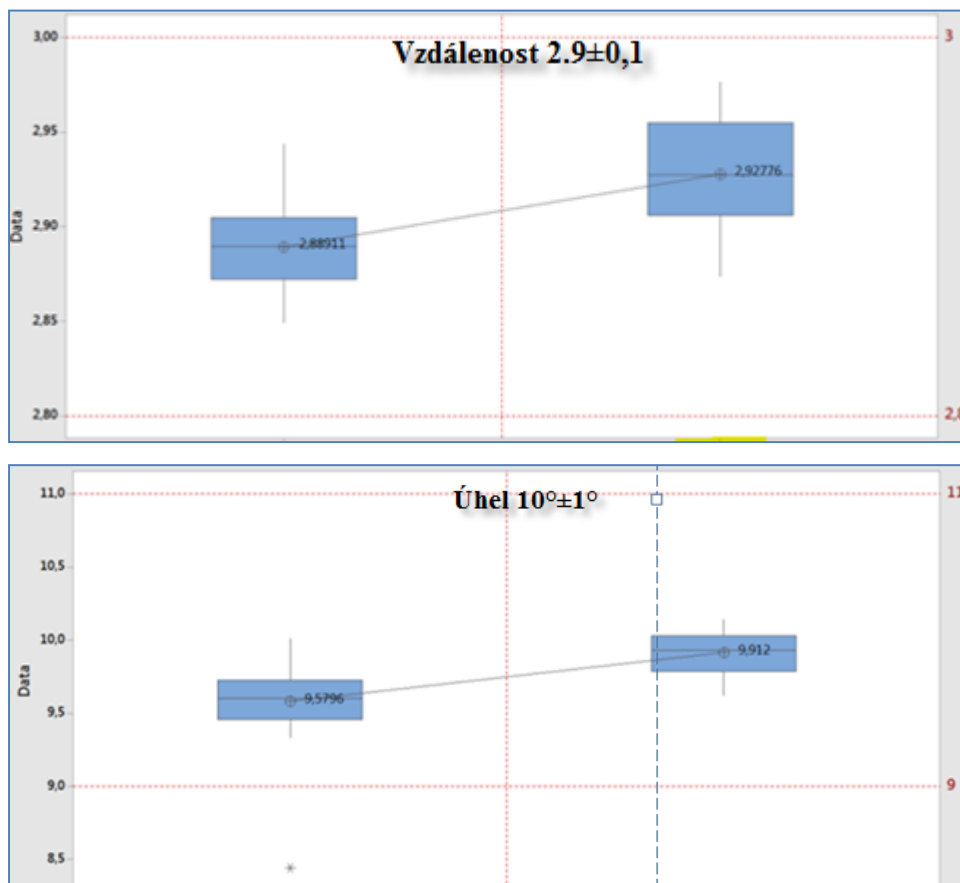


Obrázek 3.8 – Drsnost kroužku²³

Také se měřily charakteristiky náběhové hrany o-kroužku. Jednalo se o:

- Úhel $10^{\circ} \pm 1^{\circ}$.
- Vzdálenost $2.9 \pm 0,1$.

Vyhodnocení proběhlo pomocí grafické analýzy box plotu a zkoumání dvou použitých dodávek během afektovaného období. Na analýzu indexu způsobilosti nebyl dostatek naměřených dat. Dle získaných výsledků bylo i zde konstatováno, že ani **tyto charakteristiky nejsou příčinou.**



Obrázek 3.9 – Měření vzdálenosti a úhlu kontury kroužku²³

Na základě všech měření Six sigma tým konstatoval, že komponenta **o-kroužek nemá vliv na aktuální řešený problém**, dokonce. když byly objednány o-kroužky od jiného dodavatele s nevycentrovanou polohou. Nemělo to zásadní vliv na lisovací sílu na stanici OP40.

Kontrola nastavení nástrojů

První, co se zkoumalo, byla kalibrace lisovací stanice. Závěr byl, že stanice je pravidelně kalibrována a nedochází k jejímu rozladění během procesu výroby. Kalibrační známka byla platná a také záznamy o pravidelné kalibraci udržovány. Kalibrace jsou automaticky sledovány softwarem, který včas upozorňuje techniky kalibrační laboratoře, že musí provést kalibraci.

Tým také zkoumal vlastnosti nástroje pro lisování. Nedochází k žádnému poškození. Pokud ano, byl by problém s lisovací silou u každého kusu a linka by se zastavila. Upínka, která drží pozice komponent, to samé. Závěr byl, že **nástroje nejsou příčinou problému.**

Prostředí

Six sigma tým prověřil teplotu, vlhkost a čistotu u stanice během lisování.

- *Teplota prostředí* – je udržována klimatizací v rozptylu maximálně ± 1 °C. Dle záznamů, také vše bez problému. Kdyby se jednalo o problém s teplotou v inkriminovaném období, byl by problém se všemi díly a výrobní linka by se zastavila.
- *Vlhkost* – je také udržována klimatizační jednotkou. Dle záznamů, také bez problému. Kdyby se jednalo o problém s teplotou v inkriminovaném období, by byl problém se všemi díly a linka by se zastavila.
- *Čistota* – byly zkontrolovány upínky, nástroje, díly. Nedošlo k žádné kontaminaci, vše bylo ve stanovených limitech do 200 μ m na maximální velikost částic.

Ve výrobní hale vyrábí více projektů. Kdyby nastal problém zde díky např. vysoké teplotě, vlhkosti a znečištění, mělo by se to promítnout také do ostatních projektů. Bylo rozhodnuto, že ani **prostředí není příčinou problému.**

Proces

Zde, jako okamžité akce výrobní tým vyměnil díly ve výrobní lince, které se opotřebovávají, za nové i přes to, že to bylo v plánu údržby až později. Zkontroloval lisovací rychlost, zda nedochází k neočekávaným výkyvům. Vše bylo v pořádku. Tým se dále zaměřil na pozici při lisování těla pumpy a o-kroužku plus osy nástroje. Nebyl nalezen

problém. Také bez přínosu a problém stále přetrvával. Také tým porovnal svoji linku s linkou z dalších lokací této firmy. Proběhlo pouze minoritní sladění procesu, jako např.:

- optimalizace a výměna mycího média pro mytí vstupních komponent,
- optimalizace vysoušecího programu pro vstupní komponenty.

I po zavedení těchto akcí to nemělo vliv na výsledky z procesu lisování a problém stále přetrvával. Six sigma tým tedy konstatoval, že **proces není příčinou problému.**

Lidé

Dále se tým zaměřil na lidský faktor během procesu lisování. Vliv by mohlo mít nepřesné založení těla pumpy a o-kroužku do linky, které je ruční. Tým testoval špatné založení, pokud by k tomu došlo, linka detekuje špatné založení a proces lisování ani nezačne, protože pozice otvorů jsou vychýleny. Tým konstatoval, že **lidský faktor během zakládání není příčinou problému.**

Management dokumentací

Tým kontroloval nastavení linky proti tomu, co je napsáno v technické dokumentaci. Vše nastaveno seřizovači dle specifikace. Také tým zkoušel např. chyby v desetinných čárkách apod. Tato data nejdou zadat. Pokud by došlo i tak k chybnému zadání o pár jednotek, linka ihned detekuje problém a začalo by vypadávat na výrobní lince 100 % dílců. Stejná specifikace a nastavení se také používá u jiných lokací, kde tento problém nemají. Bylo tedy konstatováno, že **oblast managementu specifikací není příčinou problému.**

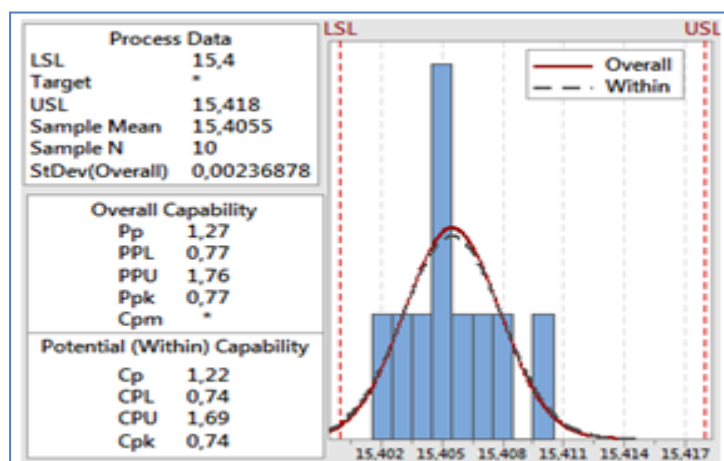
Těleso pumpy

Poslední, co tým začal sledovat, bylo těleso pumpy a vstupní otvor pro lisování o-kroužku. Tým analyzoval tyto charakteristiky:

- Průměr vstupní díry 15.4 mm pro lisování o-kroužku. (obálkový princip)
- Drsnost této díry.
- Charakteristiky vstupní hrany této díry.

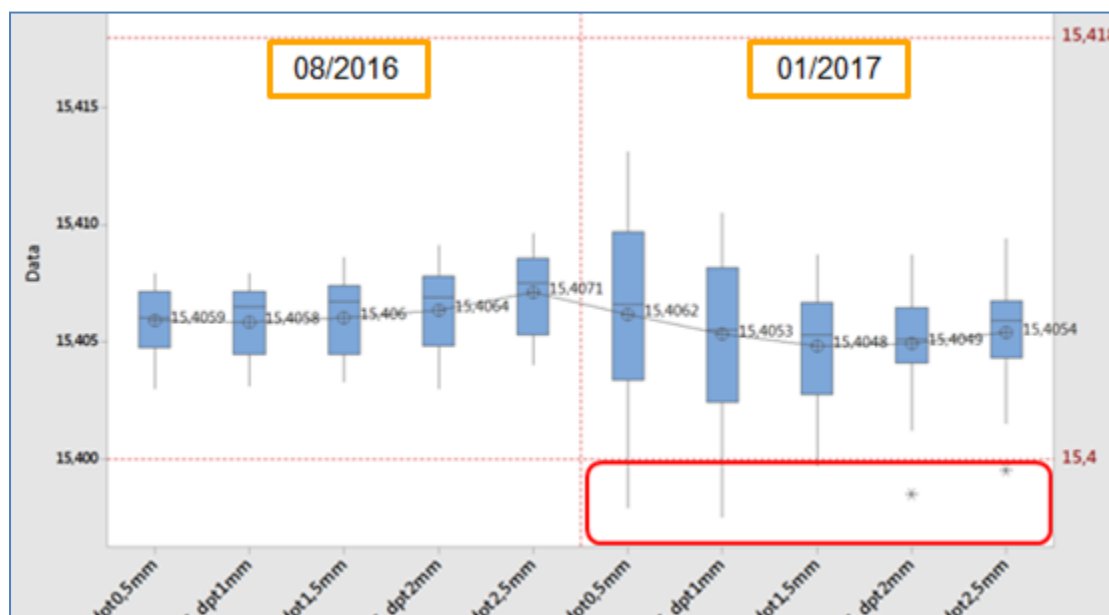
Jako rychlou analýzu tým kontroloval díru OK kalibrem pro průměr 15,4, kdy konstatoval, že u přibližně 20 % kusů jde kalibr těžce a u jiných lehce. Což naznačovalo pravděpodobnou variabilitu.

Tým také nechal přeměřit 50 ks těl čerpadla na průměr 15,4 na CMM. Výsledky ukázaly, že některé díly jsou dokonce mimo stanovené tolerance s C_{pk} 0,74. Dle specifikace by mělo být 1,67.

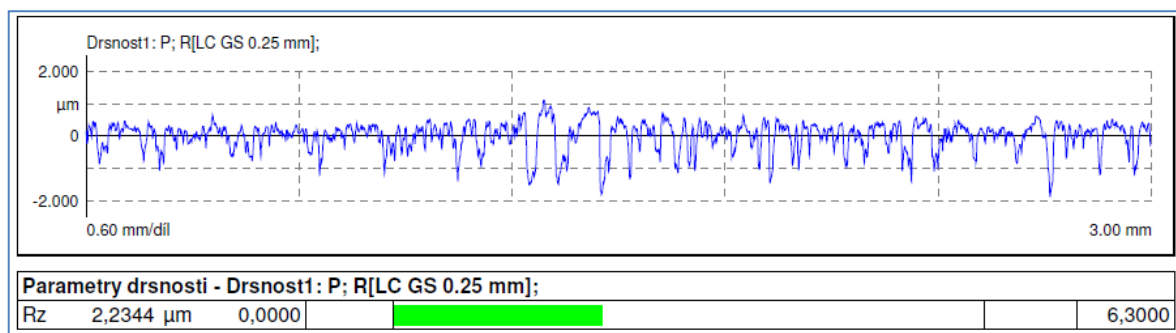


Obrázek 3.10 – C_{pk} vnitřní průměr díry tělesa²³

Tým dále porovnal vzorky komponent těl, které měl z uvolňování projektu uchovány a výsledky porovnal s pomocí box plotu, zda došlo k nějaké změně během sériové výroby. Bylo konstatováno, že ano, dokonce některé měřené kusy byly mimo vymezené toleranční limity.

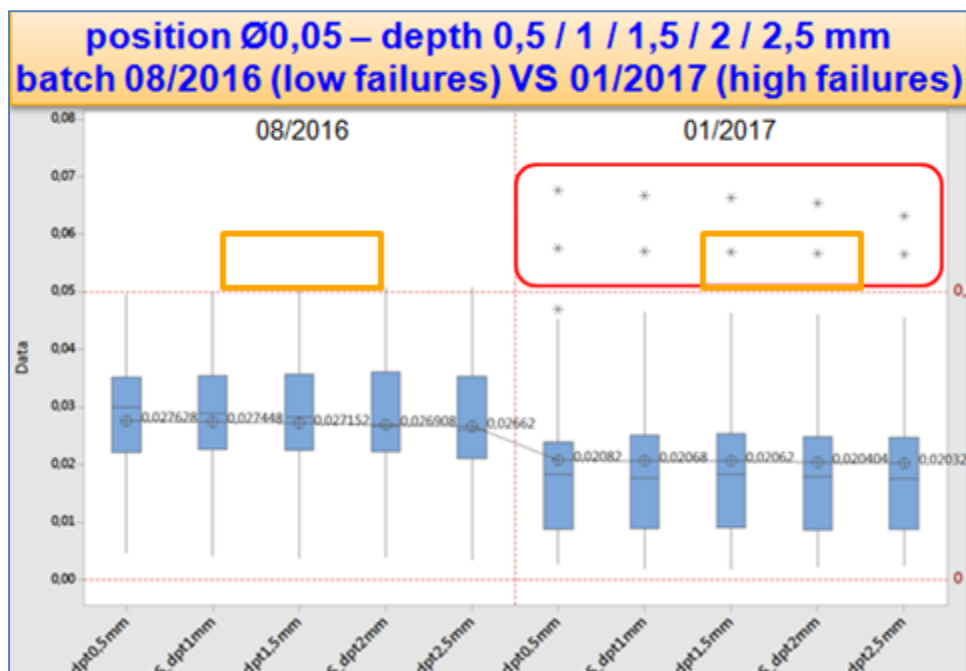


Obrázek 3.11 – Box plot vnitřní průměr tělesa²³



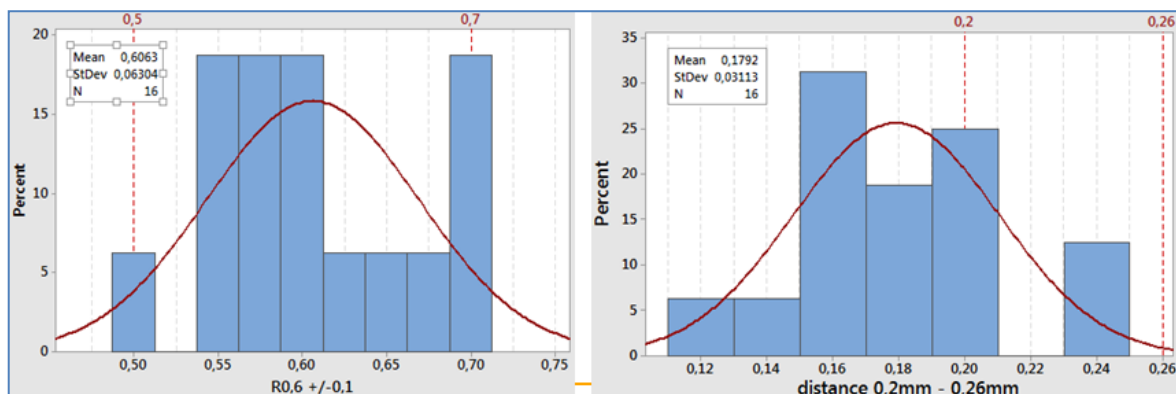
Obrázek 3.12 – Průběh drsnosti²³

To samé tým udělal pro měření pozice díry vůči odlitku v určitých hloubkách s odstupem 0.5 mm. Měření ukázalo, že i zde se muselo něco u dodavatele komponenty změnit, protože díly z před série byly v limitech a z nové produkce nikoliv. Drsnost díry dle specifikace viz obrázek 3.12.



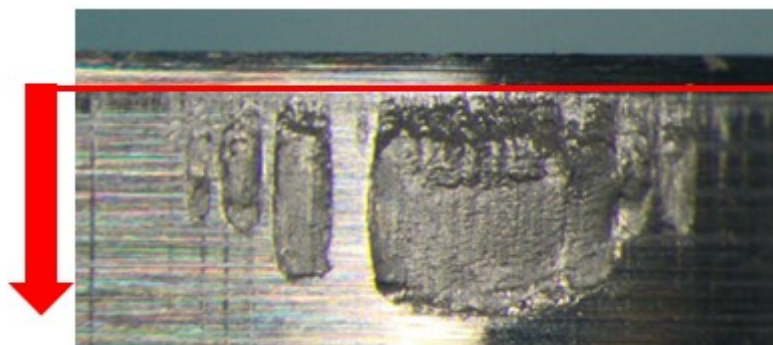
Obrázek 3.13 – Pozice díry tělesa²³

V poslední řadě tým kontroloval náběhovou hranu, zda zde není poškození, a zda charakteristiky této hrany také nejsou postiženy odchylkami od stanovených limitů. Zde se tým zaměřil na vzdálenost náběhové hrany od čela 0,2-0,26mm a zaoblení hrany, kde je definovaný rádius $0.6 \pm 0,1$. Výsledky prokázaly, že i zde proces výroby komponenty není pod kontrolou a je mimo definovanou specifikaci. Vše bylo měřeno pomocí konturografu.



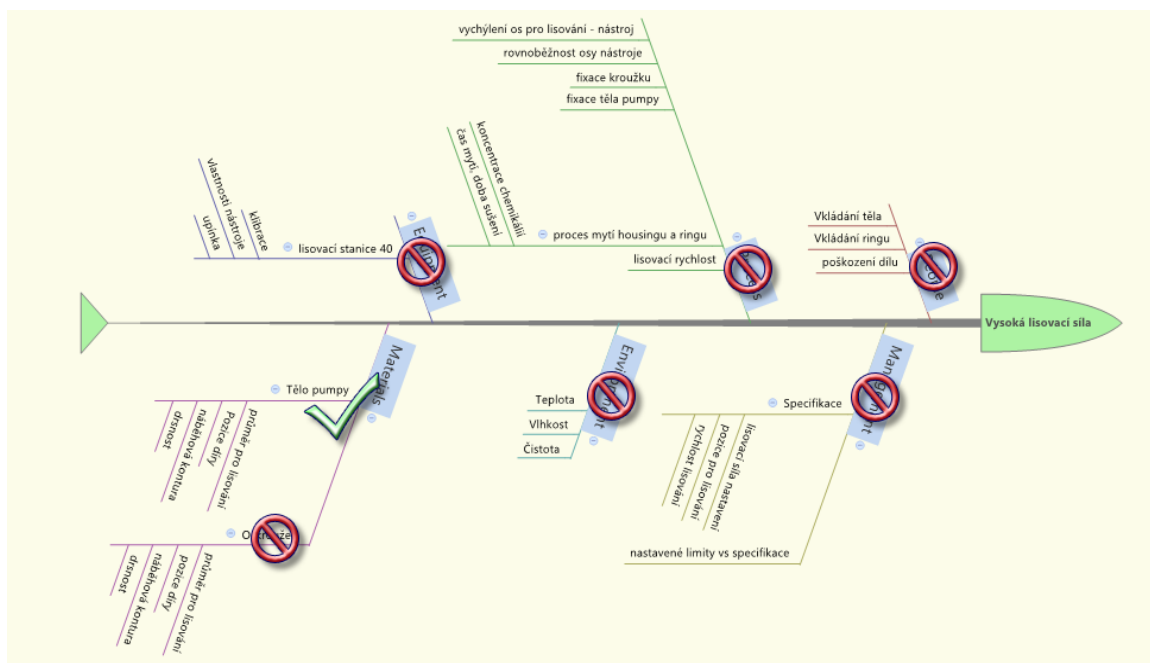
Obrázek 3.14 – Měření náběhové hrany průměru tělesa²³

Následně vizuálně analyzoval tuto náběhovou hranu, kde by měl být rádius. Došel k závěru, že je často vstupní hrana poškozená během lisování a rádius je zničen, což mohlo napovídat o problému s nástroji dodavatele. Na dílech před lisováním, bylo také zřetelné, že rádius chybí. Opotřebení, nebo nekvalita ihned na vstupu. Tým na základě těchto zjištění potvrdil, že pravděpodobnou příčinou problému je dodavatel této komponenty. Přesto, že byly zjištěny neshody z měření, bylo potřeba ověřit spojitost s problémy při lisování na stanici 40.



Obrázek 3.15 – Foto hrany kontury tělesa z mikroskopu²³

Aby tým ověřil jednoduše příčinu, poslal díly od tohoto dodavatele do ostatních výrobních lokací na testy, které mají jiné dodavatele. Ty také prokázaly zvýšené výpadky ihned po vložení dílů do výroby okolo 10%. Six Sigma tým konstatoval, že **těleso pumpy, jako dodávaná komponenta, je příčinou výpadků ve výrobě na stanici 40** a sestavil finální diagram Ishikawa, viz obrázek 3.16. Dále se řešením problému zabýval především dodavatel, který poskytoval své akce formou 8D reportu. Tento report slouží jako strukturované řešení problému v osmi krocích.

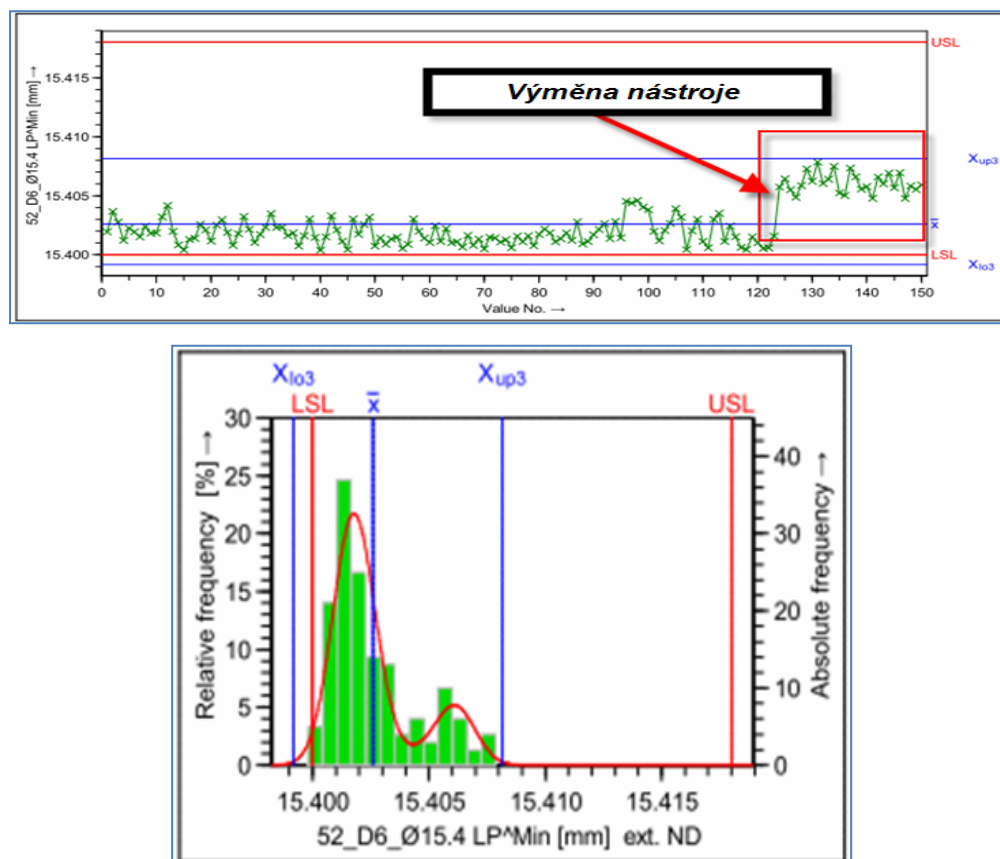


Obrázek. 3.16 – Finální Ishikawa²³

3.3.2 Řešení problému ze strany dodavatele

Při prvním zjištění problému na straně komponenty SQM vyžádalo od dodavatele jejich procesní data, ihned je informovalo o problému a nainstalovalo reklamační řízení. Bylo třeba zjistit, na kolika nástrojích a upínkách se tento produkt vyrábí a zda jsou všechny produkty zasaženy pro případné třídění dle zpětné dohledatelnosti v DMC kódu na díle.

Data od dodavatele potvrdila měření Six Sigma týmu. Také bylo evidentní, že při výrobě došlo k zásahu v procesu, který okamžitě vycentroval proces. Dle informací od dodavatele se jednalo o výměnu nástroje. Dále bylo potvrzeno, že díl se vyrábí na jedné stanici se čtyřmi nástroji, jako více vřetenové obráběcí centrum.



Obrázek 3.17 – Data od dodavatele tělesa²³

Dodavatel zjistil, díky metodě Ishikawa a analýze 5Proč, že příčina problému je na straně dodavatele obráběcích nástrojů, které jsou nevyhovující pro daný proces. To znamená, že mohla být zasažena každá pozice obráběcí upínky a nelze díly jednoduše třídit. Při třídění kalibrem by také došlo k poškození hrany, což by mohlo vézt k horším výsledkům a problémům ve výrobní stanici ve společnosti XY. Vyrábělo se tzv. na odchylku která byla schválena na tři měsíce společností XY.

Shrnutí po šetření s dodavatelem:

Tabulka 3.2 – Shrnutí analýzy

| Dotaz | Shrnující odpověď | Řešitel |
|--|--|---------|
| Jaké nástroje, operace jsou zasaženy? | Zasažena jsou náhodně všechna vřetena, a nástroje v operaci obrábění díry 15.4. <ul style="list-style-type: none"> C_{pk} průměru pro jednotlivá vřetena je od 1-1,25 maximálně. | SQM |
| Je měření u dodavatele způsobilé? | Ano, bylo vyžádáno od dodavatele MSA pro měřidla použitá na měření charakteristik, zda jsou naměřená data pro indexy způsobilosti správná. C_{gk} větší než 1,33 a $GR\&R$ pod 10% tedy také v nastavených limitech. | SQM |
| Možné 100% vykontrolovat 3D měřením s obálkovým principem? | Nedostatek kapacit pro 100% měření na 3D měřidle | SQM |
| Možné riziko jinou metodou minimalizovat? | Ano, ihned se nastartovalo 100% měření dutinoměrem, který ovšem neumí měřit tzv. obálkový princip. | SQM |
| Je možné neshodné nástroje vyměnit? | Ne, nastal nedostatek nástrojů u dodavatele a problémy se subdodavatelem nástrojů. Pokud by dodavatel vyhazoval nástroje, které jsou na spodním limitu tolerance, nemohl by vyrábět. | SQM |
| Jak tedy zajistit plynulou výrobu a nezastavit OEM zákazníka? | Bylo nutné vyrábět na odchylku a podsestavy vypadlé na lisování o-kroužku účtovat na vrub dodavatele. Odchylka se schválila v odchylkovém řízení společnosti XY. | SQM |
| Proč dodavatel problém neodhalil dříve? | Reakční meze a zásahové meze nenastaveny. Dodavatel nereagoval a nehodnotil data z procesu SPC, což bylo důvodem, proč na tuto situaci nereagoval. Došlo k velkému pochybení nerespektování kontrolního plánu. | SQM |

4 Vlastní návrhy a jejich komplexní posouzení

Předešlá kapitola se věnovala z kroků DMAIC krokům DMA. Tato kapitola se věnuje krokům IC, tedy Improve a Control. Je zde řešení problému projektu Six Sigma a jeho finální uzavření s vyhodnocením. Před uzavřením a rozpouštěním týmu, je třeba verifikovat, že se skutečně podařilo příčinu problému nalézt a odstranit i do budoucna.

4.1 Improve fáze (fáze zlepšení)

Ve fázi Improve tým definoval společně s dodavatelem nápravné opatření vedoucí k řešení problému ze strany dodavatele tělesa. Nápravné opatření se týkalo jak detekce problému, tak vzniku problému.

Tabulka 4.1 – Nápravné opatření

| Nápravné opatření – výskyt problému | Zavedeno? | Řešitel |
|--|-----------|---------|
| 1) Změna subdodavatele nástrojů – vycentrování nástrojů na střed tolerance, snížení variability nástrojů – vliv na cenu pro společnost XY žádný, pouze na dodavatele tělesa. Musel zajistit způsobilý proces. | Ano | SQM |
| Nápravné opatření – detekce problému | Zavedeno? | Řešitel |
| 2) Nastavení reakčních mezí u dodavatele dle hodnoty GR&R + podle velikosti opotřebení nástroje mezi dvěma po sobě jdoucími měřeními tak, aby nebylo možné vyrábět neshodný produkt a bylo možné reagovat včas. | Ano | SQM |
| 3) Náběhová kontura přidána do kontrolního plánu (nebyla dříve součástí, jelikož se nejednalo o zvláštní znak, měřena pouze ročně, během rekvalifikace). | Ano | SQM |
| 4) Měsíční zasílání SPC data do společnosti XY pro všechny kritické parametry | Ano | SQM |
| 5) Měření každého nástroje (a vřetena) zvlášť a zaznamenávání dle DMC kódu. | Ano | SQM |
| 6) Zvýšení frekvence měření na 3D z 2ks za směnu na 4ks v průběhu směny, tzn. každé dvě hodiny na vřeteno. | Ano | SQM |
| 7) Optimalizace regulační a zásahové meze viz obrázek 3.17 | Ano | SQM |

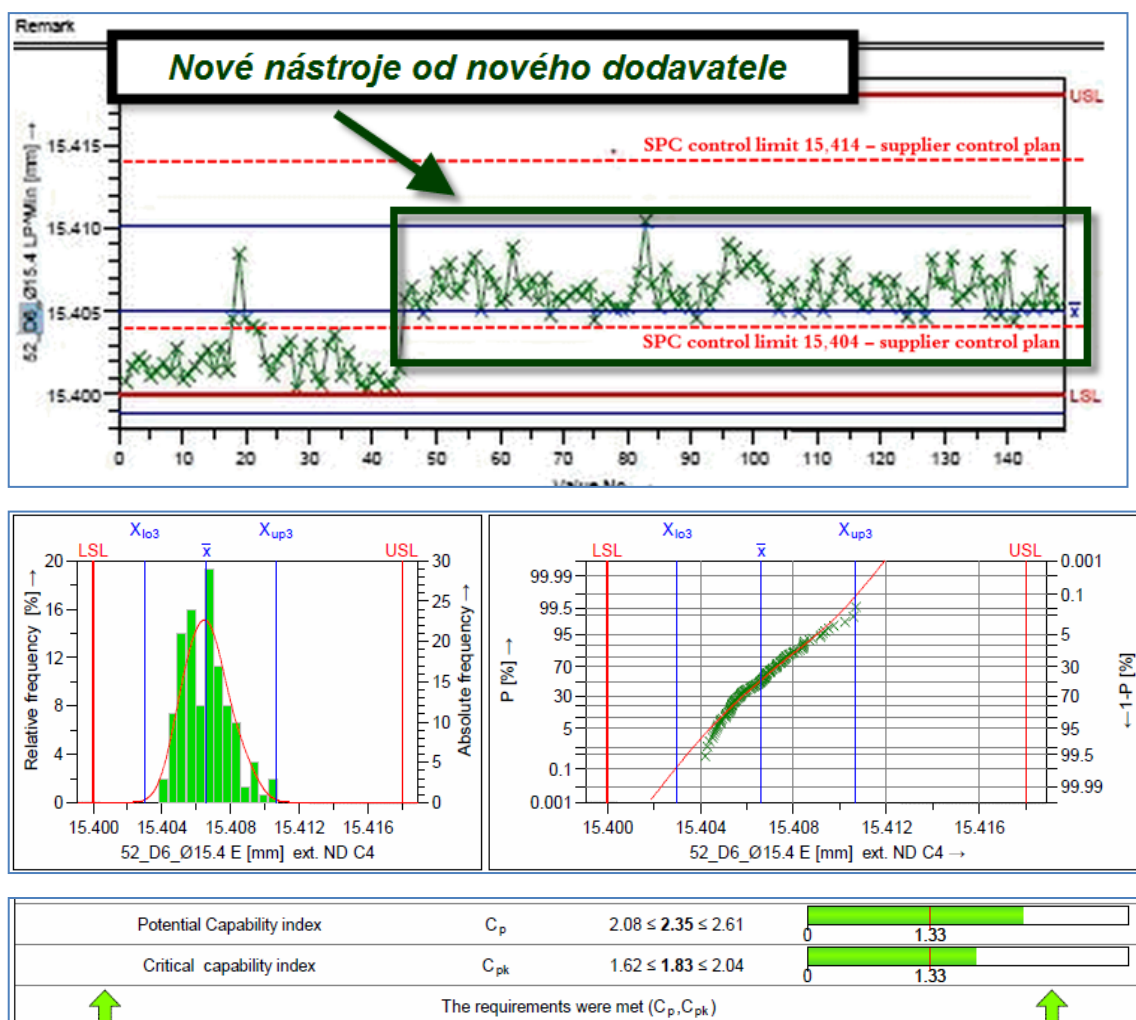
I když bylo definováno nápravné opatření poměrně rychle, čekalo se na uvolnění nového dodavatele nástrojů, které trvalo takřka více než tři měsíce.

4.2 Control fáze (fáze řízení)

Six sigma tým v této fázi finálně ověřoval účinnost a implementaci nápravných a preventivních opatření. Také s dodavatelem nastavil preventivní akce tak, aby k problému nemohlo dojít znovu.

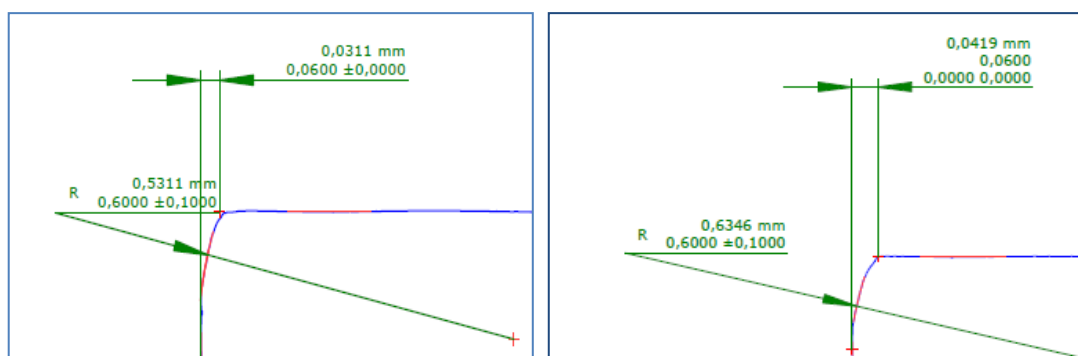
Kontrola měření po změně subdodavatele nástrojů:

Okamžitě po prvních vyrobených kusech nastalo vycentrování hodnot pro vnitřní průměr 15,4 H7.



Obrázek 4.1 – SPC data po změně dodavatele nástrojů²³

Indexy způsobilosti C_{pk} se dostávají přes hranici 1,33 na 1,83 pro vnitřní průměr, viz obrázek 3.15. Náběhová kontura pro lisování o-kroužku také již dle specifikace viz obr. 3.16.



Obrázek 4.2 – Náběhová kontura tělesa pro vnitřní průměr²³

Preventivní akce:

Tabulka 4.2 – Preventivní opatření

| Preventivní akce | Zavedeno? | Řešitel |
|---|-----------|---------|
| 1) Aktualizace kontrolního plánu a změna četnosti měření, optimalizace reakčních mezí. | Ano | SQM |
| 2) Aktualizace FMEA. | Ano | SQM |
| 3) Leassons learned – dodavatel zkontroloval, zda k podobnému problému nedochází na obdobných místech jiných procesů, linek atd. Poté uložil do databáze. | Ano | SQM |

Leassons learned je pojem, který je aktuálně stále více zmiňovaný a jedná se o to, aby se nabyté zkušenosti přenesly i do dalších projektů. Informace byly uloženy v databázi k zajištění snadné dohledatelnosti.

Vliv nápravných akcí na definovanou operaci OP40 na projektu Ab1

Od chvíle kdy dorazila první dodávka těles vyrobených novými nástroji a za nových kontrolních podmínek tým začal sledovat průběh lisovací síly operace OP40, který se dostal takřka na bezchybnou úroveň. Pro lepší přehlednost byla data porovnána v tabulce z kapitoly 4.3.

Tabulka 4.3 – Finální vyhodnocení účinnosti nápravných akcí²³

| KPI | Plnění Q4 2016 | Cíl 2017 | Q3 2017 | Finální stav |
|------------------------------|--------------------|--------------|---------------|--------------|
| PPM | 20 | 30 | 12 | Splněno |
| FPY | 80% | 90% | 92% | Splněno |
| OEE | 70% | 95% | 95% | Splněno |
| Počet reklamací od zákazníka | do Q4 - 4 | 5 | do Q3 - 2 | Splněno |
| Počet vyrobených kusů/týden | Průměr 13856 | 14000 | Průměr 14000 | Splněno |
| Zmetkovitost | Průměr 15,7% | 0,5% | 0,43% | Splněno |
| Náklady na nekvalitu | Více než 1000000kč | Max 100000kč | cca. 15 000kč | Splněno |

Six Sigma tým byl po konzultace s managementem firmy rozpuštěn a účastníkům bylo pogratulováno. Podařilo se dosáhnout všech vytčených cílů, i když tým nabral časové zpoždění, protože se čekalo na celý proces výběru a schválení nového subdodavatele nástrojů. Dále se čekalo na validaci definovaných akcí více než čtyři měsíce, než bylo konstatováno, že byl problém vyřešen. Došlo k velké úspoře finančních nákladů viz tabulka 4.3. Ztráty z procesu byly přeúčtovány na vrub dodavatele. K uzavření projektu Six Sigma došlo v říjnu 2017.

Přínos práce se promítl ve šech oblastech KPI ukazatelů definovaných společností XY na projektu Ab1. Vlastní přínos také, protože jsem zastupoval v řešitelském týmu SQM oddělení, tzn. že jsem vedl celý proces nápravy dodavatele a podílel se na analýze problému na projektu Ab1. Další doporučení směřuji především na před sériovou fází uvolnění dodavatelů, z které dle vlastních zkušeností vzniká naprostá většina problému s dodavateli. Před sériová fáze se urychluje, díky stále dynamičtějšímu prostředí v automobilovém průmyslu. Také je třeba pracovat na větší kompetentnosti pracovníků, protože to, co stačilo před pár lety, již nestačí.

5 Závěr

Tato diplomová práce byla zaměřena na využívání metodiky Six Sigma a SPC ve vybrané společnosti. Po teoretickém úvodu, kde byly vyjmenovány základní nástroje kvality v automobilovém průmyslu a popsána také kvalita jako celek, se práce zabývala analýzou projektu Ab1 při operaci lisování o-kroužku ve vybrané společnosti. Docházelo zde k významným finančním ztrátám z důvodu velké zmetkovitosti. Analýza v praktické části probíhala s ohledem na užívání postupu definovaného v Six Sigma a pomocí této metodiky a metodiky SPC byl určený úkol vyřešen.

Pro analýzu byla použita data z konce roku 2016, která pomohla k identifikaci problémové oblasti. Byl sestaven řešitelský tým a vysloveny cíle. Pomocí Project charter, dostal projekt strukturu. Ishikawův diagram posloužil pro účely definování potenciální kořenové příčiny problému na stanici OP40, kde se lisuje o-kroužek do tělesa. Jednotlivé oblasti byly postupně ověřovány, dokud se nezjistila pravá příčina problému.

Kořenová příčina byla následně řešena v průběhu roku 2017 a Six Sigma tým společně s dodavatelem tělesa, který byl kořenovou příčinou stanovil nápravné opatření. Nápravné opatření byla stanovena jak na výskyt, tak na detekci. Aby bylo řešení dostatečně robustní, došlo také ke změně dokumentace, jako kontrolního plánu a FMEA u dodavatele.

Poté od poloviny roku 2017 tým shromažďoval a na závěr vyhodnotil měřená data z procesu lisování, aby mohl prohlásit projekt za vyřešený a uzavřený. Porovnal stav před a po implementaci nápravných opatření v tabulce. Od té doby nebyla vystavena jediná nová reklamáce na zmíněné řešené parametry produktu. Proces lisování probíhá nyní dle nastavených KPI. Protože nebyl důvod dalších analýz a akcí, cíle se podařily splnit. Six Sigma týmu bylo pogratulováno a projekt se ukončil.

V dnešní době je stále větší tlak na optimalizaci procesů a zamezení ztrát. Především z pohledu konkurence z rozvojových zemí nabírá metodika Six Sigma a SPC stále více na vážnosti, a to především u dodavatelů prvního stupně, kteří se snaží v této konkurenci levné pracovní síly prosadit a těžit z minimální interní zmetkovitosti, obecně plýtvání a dobrého jména u OEM zákazníků.

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat především vedoucí práce paní Ing. Ivaně Šajdlerové, Ph.D za vedení a cenné rady během tvorby diplomové práce. Také bych chtěl poděkovat celé společnosti XY, která mi dala možnost a podklady na tvorbu této práce. V neposlední řadě celé rodině, která mi vytvořila potřebné zázemí.

6 Seznam použité literatury

Knihy

1. BLECHARZ, Pavel. *Řízení jakosti A*. 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Ekonomická fakulta, 2007. 163 s. ISBN 978-80-248-1418-6.
2. FIALA, Alois. *Statistické řízení jakosti: prostředky a nástroje pro řízení a zlepšování procesů*. Brno: VUT, 1997, 93 s. ISBN 80-214-0895-2.
3. GEORGE, Michael L, Dave ROWLANDS a Bill KASTLE. *Co je Lean Six Sigma?*. 1. vyd. Brno: SC&C Partner, c2005, 94 s. ISBN 80-239-5172-6.
4. GOH, T. N. Six Triumphs and Six Tragicdies of Six Sigma. *Quality Engineering*, 2010, volume 22, issue 4, s. 299 – 305. ISSN 0898-2112.
5. GUPTA, Bhisham C. a H. Fred WALKER. *Applied statistics for the Six sigma green belt*. Milwaukee: ASQ Press, c2005. ISBN 9780873896429.
6. HAKES, C. *Total Quality Management: The key to business improvement*. 1. vyd. London: Springer Science+Business Media B.V., 1991. 182 s. ISBN 978-0-412-35730-5
7. HUTYRA, M. a kol. Management jakosti [online]. 1. vyd. Ostrava: VŠB - TUO, © 2007, [vid. 2014-10-04]. Dostupný z [www: <URL: http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FMMI/MJ/>](http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FMMI/MJ/).
8. JOHN, A., MERAN, R., ROENPAGE, O., STAUDTER, CH. Six Sigma + Lean Toolset. 1st edition Berlin: Springer, 2008. 316 s. ISBN 978-3-540-32349-5.
9. MICHÁLEK, J.: *Statistická regulace procesů (SPC)*. 2. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2006. 216 s. ISBN 80-02-01810-9.
10. MILLER, Ivan. *Kapesní příručka Six Sigma*. 1. vyd. Praha: Interquality, 2008, 141s. ISBN 978-80-902770-4.

11. NENADÁL, Jaroslav; NOSKIEVIČOVÁ, Darja; PETŘÍKOVÁ, Růžena; PLURA, Jiří; TOŠENOVSKÝ, Josef. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. 1.vyd. Praha: Management Press, 2008. 377 s. ISBN 978-80-7261-186-7.
12. TENNANT, Geoff. *Six Sigma: SPC and TQM in manufacturing and services*. Burlington, VT: Gower, 2001. ISBN 0566083744.
13. TOŠENOVSKÝ, J., NOSKIEVIČOVÁ, D.: *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. Ostrava: Montanex a.s., 2000. 362 s. ISBN 80-7225-040-X.
14. TRUSCOTT, W. *Six sigma: Continual Improvement for Businesses*. 1. vyd. Oxford: Butterworth-Heinemann publications, 2003. 240 s. ISBN 0-7506-57650
15. TÖPFER, A. A KOL. *Six sigma: Koncepce a příklady pro řízení bez chyb*. 1. vyd. Praha: Computer Press a.s., 2008. 508 s. ISBN 978-80-251-1766-8
16. Rath&Strong's Six Sigma – Pocket Guide. 3rd edition Lexington MA: RATH & STRONG, 2006. 178 s. ISBN 0-9746328-7-2.
17. ŠAJDLEROVÁ, Ivana. *Organizace a řízení*. Ostrava: VŠB -TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2003. 69 s. ISBN - 8024802279

Normy a internetové zdroje

18. ČSN EN ISO 9000:2006, *Systém managementu kvality – základní principy a slovník*. 2. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2006.
19. ČSN ISO 8258. *Shewhartovy regulační diagramy*. Praha: Český normalizační institut, 1994. 35, Třídící znak 01 0271.
20. ISO/TS 16949, *Systém management jakosti – Zvláštní požadavky na používání ISO 9001:2008 v organizacích zajišťujících sériovou výrobu a výrobu náhradních dílů v automobilovém průmyslu*. 3. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2009.
21. MSA-Analýza systému měření [online]. [cit. 20.9.2010]. Dostupné z: www.statspol.cz/request/request2006/prezentace/bednar.pdf.

22. Vysokotlaké dieselové čerpadlo. In: *DieselNet* [online]. Canada - Ontario: ECOpoint, 1997 [cit. 2018-03-30]. Dostupné z: <https://www.dieselnets.com/>.

Zdroje společnosti XY

23. *Interní dokument a data společnosti XY*. Česká republika, 2017.

7 Seznam obrázků

Obrázek 1.1 – Vývojový diagram

Obrázek 1.2 – Ishikawa diagram

Obrázek 1.3 – Paretova analýza

Obrázek 1.4 – Regulační diagram

Obrázek 1.4 – Rozhodovací diagram

Obrázek 1.6 – Korelační diagram

Obrázek 1.7 – Histogram

Obrázek 1.8 – Variabilita procesu⁷

Obrázek 1.9 – Six Sigma - DMAIC

Obrázek 2.1. – Dodavatelský řetězec

Obrázek 2.2 – Organizační struktura korporace ABC

Obrázek 2.3 – Vysokotlaké dieselové čerpadlo²²

Obrázek 2.4 – Organizační struktura nejvyššího managementu

Obrázek 2.4 - Oddělení kvality v analyzované společnosti XY

Obrázek 2.5 - Balanced scorecard

Obrázek 3.1 – Lisování O-kroužku do tělesa OP40

Obrázek 3.2 –FPY

Obrázek 3.3 – Zmetkovitost

Obrázek 3.4 – Lisovací síla v analyzovaném období

Obrázek 3.5 – Procesní kroky

Obrázek 3.6 – Ishikawa diagram fáze measure

Obrázek 3.7 – Průměr kroužku

Obrázek 3.8 – Drsnost kroužku

Obrázek 3.9 – Měření vzdálenosti a úhlu kontury kroužku

Obrázek 3.10 – C_{pk} vnitřní průměr díry tělesa

Obrázek 3.11 – Box plot vnitřní průměr tělesa

Obrázek 3.12 – Průběh drsnosti
Obrázek 3.13 – Pozice díry tělesa
Obrázek 3.14 – Měření náběhové hrany průměru tělesa
Obrázek 3.15 – Foto hrany kontury tělesa z mikroskopu
Obrázek. 3.16 – Finální Ishikawa
Obrázek 3.17 – Data od dodavatele tělesa
Obrázek 4.1 – SPC data po změně dodavatele nástrojů
Obrázek 4.2 – Náběhová kontura tělesa pro vnitřní průměr

8 Seznam tabulek

Tabulka 1.1 – Přínos zavedení systému managementu jakosti pro zainteresované strany
Tabulka 1.2 – Atributivní veličiny
Tabulka 1.3 – Spojité veličiny
Tabulka 1.4 – Etapy statistické regulace procesu
Tabulka 1.5 – Úroveň Six Sigma
Tabulka 1.5 – Druhy plýtvání
Tabulka 2.1 – Přehled aplikací
Tabulka 2.2 – Přehled KPI
Tabulka 3.1 – Project charter
Tabulka 3.2 – Shrnutí analýzy
Tabulka 4.1 – Nápravné opatření
Tabulka 4.2 – Preventivní opatření
Tabulka 4.3 – Finální vyhodnocení účinnosti nápravných akcí